



PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

PARIS. — J. CLAYE, IMPRIMEUR
7, RUE SAINT-BENOIT.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES

OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS PERFECTIONNÉS ET LES PLUS RÉCENTS

EMPLOYÉS

DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR

ARMENGAUD AINÉ

INGÉNIEUR, ANCIEN PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
Membre honoraire de la Société philomatique de Bordeaux,
de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société d'Encouragement, des Ingénieurs civils, etc.

Qui peut mettre un terme à la perfectibilité humaine?

TEXTE

TOME QUINZIÈME

Toute communication concernant la rédaction doit être adressée à l'auteur :

M. ARMENGAUD AÎNÉ
A PARIS
RUE SAINT-SÉBASTIEN, 45

Et tout ce qui concerne le service des abonnements et la vente des volumes à

MM. A. MOREL ET Cie
LIBRAIRES-ÉDITEURS
RUE BONAPARTE, 13

1864

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

(QUINZIÈME VOLUME)

Si nous avons été jusqu'à présent encouragé à continuer la publication de notre Recueil de Machines, nous le devons, en même temps, au bienveillant accueil qu'il a reçu de tous les constructeurs, manufacturiers ou chefs d'usines, et aux rapports favorables qu'il nous a valus, à diverses époques, de la part des savants, des ingénieurs du plus grand mérite, qui en ont constaté l'utilité aux Expositions industrielles, à la Société d'Encouragement, et dans des Bulletins scientifiques.

Sans rappeler ces différents rapports que la plupart de nos lecteurs connaissent déjà, qu'il nous soit permis de reproduire un extrait du Compte rendu de MM. Morin et Tresca, qui a été imprimé dans les mémoires du jury français sur la dernière Exposition universelle de 1862.

« La pratique des arts industriels, dans tous les pays avancés en civilisation, est guidée par certaines règles qu'il importe de vulgariser par un enseignement spécial, si l'on veut augmenter la puissance du travail d'une nation.

« Sans doute l'apprentissage chez un maître habile atteint en partie ce but, mais il faut que l'instruction théorique rectifie certains préjugés, mette à leur place les vérités fondamentales, et, en rapprochant les faits de leurs causes, porte les hommes à chercher les voies nouvelles dans lesquelles ces mêmes causes peuvent être utilisées.

« Cet enseignement technologique n'est nulle part organisé d'une manière complète, et c'est encore la France qui s'en est occupée jusqu'ici avec le plus de succès.

« Le dessin des machines est le plus puissant auxiliaire de cet enseignement, et nous pourrions citer un grand nombre de publications graphiques qui ont rendu les plus grands services à l'industrie. Nous nous bornerons à nommer la plus importante de toutes, au point de vue des services rendus :

« La *Publication industrielle des Machines,* de M. Armengaud aîné.

« Depuis la fondation de ce Recueil, qui remonte à plus de quinze années, quatorze volumes ont déjà paru; ils forment aujourd'hui une encyclopédie figurée et pratique, dans laquelle tous les constructeurs viennent puiser, lorsqu'ils ont besoin d'étudier, dans leurs formes et dans leurs détails, les plus belles machines de notre époque.

« La science des projections fondée par Monge a eu cette fortune, chez nous, qu'interprétée d'abord, en ce qui concerne la représentation des machines,

par notre habile dessinateur Leblanc, elle est devenue entre les mains de ses élèves une méthode universelle et une sorte de langage qui est aujourd'hui compris de tous.

« M. Armengaud doit être compté au nombre des plus habiles continuateurs de l'œuvre de M. Leblanc, qui fut son maître; et sans exagérer en rien le mérite de son ouvrage, nous n'hésiterons pas à dire que c'est le meilleur livre pratique qui ait encore paru sur la construction des machines, et celui qui a le plus contribué aux développements si rapides que les arts mécaniques ont, depuis vingt ans, reçus dans notre pays. »

(Extrait du Rapport des membres de la section française du Jury international sur l'ensemble de l'Exposition universelle de 1862 : *Enseignement industriel*, tome VIe, section 8e.)

Cet extrait peut servir de préface au nouveau volume que nous commençons, et qui, comme les précédents, fera connaître les meilleurs appareils, les machines les plus récentes, les instruments, les outils les plus perfectionnés employés actuellement dans l'industrie agricole et manufacturière.

Nous nous attacherons surtout à donner des dessins exacts et les descriptions précises des procédés de fabrication qui n'ont pas encore été traités dans cet ouvrage, ou qui ayant subi des modifications essentielles, des améliorations importantes, sont susceptibles d'être revus avec un grand intérêt.

Tels sont, par exemple, les nouveaux procédés de carbonisation appliqués aujourd'hui avec succès dans nos sucreries indigènes, et qui ne tarderont pas à se répandre également dans les sucreries coloniales.

Tels sont aussi les nouveaux outils, les transmissions et les appareils perfectionnés que l'on emploie dans les ateliers de construction et dans certaines forges à fer, pour fabriquer des pièces spéciales, et qui produisent de très-bons résultats.

Telles sont encore les nouvelles machines à travailler les bois que l'on rencontre maintenant dans un grand nombre d'usines.

Nous continuerons à publier les machines de préparations et les métiers les plus récents appliqués, soit dans la filature de la laine et du coton, soit dans le tissage mécanique de divers genres d'étoffe. C'est ainsi que nous donnons prochainement les nouvelles machines destinées à assouplir le chanvre, appelées à rendre de grands services aux établissements qui travaillent cette matière difficile, et par suite aux agriculteurs français qui seront plus portés dorénavant à la cultiver.

MM. A. Morel et Ce, libraires-éditeurs, qui ont acquis une juste réputation dans la spécialité des publications industrielles, et qui sont aujourd'hui bien connus des ingénieurs et des manufacturiers de toutes les contrées, se sont exclusivement chargés de la partie commerciale de nos ouvrages dont le matériel a pris une grande importance. Nous pouvons donc consacrer tout notre personnel et tout notre temps à la partie technique et artistique dans laquelle nous tenons toujours à apporter les plus grands soins.

SUCRERIE DE BETTERAVES

GRANDE FABRIQUE MODÈLE

DE MM. F. LALOUETTE ET Ce

ÉTABLIE A BARBERIE, PRÈS SENLIS (OISE)

Par la Maison CAIL et Ce, constructeurs à Paris

(PLANCHES 1, 2 ET 3)

EXPOSÉ.

La nouvelle fabrique de sucre que nous présentons à nos lecteurs, peut être regardée comme l'un des meilleurs types de sucrerie de betteraves qui aient été montés en France dans ces dernières années. Elle a été, en effet, parfaitement étudiée sous le rapport de l'organisation générale qui, nous croyons pouvoir le dire, ne laisse rien à désirer, soit pour la facilité du service, soit pour la bonne exécution et la bonne marche des appareils.

En visitant une telle usine, on voit sans peine que les constructeurs y ont apporté tous leurs soins, toute leur expérience, et qu'ils ont cherché à y appliquer les perfectionnements les plus récents, permettant d'opérer sur une vaste échelle, avec une grande régularité, et produisant directement du sucre en grains propre à être livré à la consommation. Ce sucre est en effet tellement blanc, si bien cristallisé, si diaphane et si pur, qu'on peut le confondre avec les sucres refondus et raffinés.

Lorsqu'on examine en détail tout le matériel de cet établissement, on est étonné de rencontrer, à chaque instant, et dans presque toutes les parties qui correspondent aux diverses manipulations, des améliorations ou des modifications importantes que l'on ne rencontre pas ailleurs, ou du moins qui ne se trouvent pas ainsi réunies, en aussi grand nombre dans la plupart des autres sucreries, à l'exception de celles montées depuis peu par la même maison.

Il nous a donc paru très-intéressant de faire connaître le matériel d'une telle fabrique, à cause de toutes les particularités qu'elle renferme et qui la distinguent essentiellement des usines de même genre qui, de

date plus ancienne, ne jouissent pas des mêmes avantages, ou n'ont pu être établies dans des conditions aussi favorables.

Située dans une localité éminemment agricole, dont la terre est très-productive en céréales et en racines, les propriétaires de l'usine de Barberie, MM. Frédéric Lalouette et Ce, avaient la certitude à l'avance de la possibilité de l'alimenter suffisamment en betteraves récoltées dans les environs mêmes de Senlis. Les cultivateurs y trouvent un double intérêt, parce que, d'un côté ils sont certains de vendre leurs produits à des prix au moins aussi rémunérateurs que le blé, et de l'autre, d'avoir de bonnes substances pour la nourriture de leurs bestiaux.

Les bâtiments de cette usine sont spacieux, commodes et bien disposés pour le travail. Le corps principal, dans lequel se trouvent les machines, les moteurs et les divers appareils, n'a pas moins de 70 mètres de longueur sur 22m50 de largeur dans œuvre, mais séparé en deux parties par un mur longitudinal : il est flanqué, en avant de deux ailes qui lui sont perpendiculaires, de 30 mètres sur 10 mètres, dont une, celle de droite, est occupée par les bureaux et la direction, et celle de gauche sert de magasin, de cantine pour les ouvriers et d'habitation pour quelques employés. Une vaste cour de 50 mètres sur 30 mètres, comprise entre les deux ailes et le bâtiment principal, est destinée au service des voitures pour l'arrivée et la sortie des marchandises.

Le matériel est assez considérable pour travailler en trois ou quatre mois, au plus, 15 à 20 millions de kilogrammes de betteraves, et livrer par suite plus d'un million de kilogrammes de sucre blanc.

Il comprend :

D'une part, au rez-de-chaussée, les laveurs et les râpes mécaniques, les presses à vis et presses hydrauliques, les monte-jus, les filtres à noir et les toupies ou turbines centrifuges, ainsi que les machines à vapeur qui servent à transmettre le mouvement aux divers appareils; dans des salles spéciales se trouvent les générateurs à vapeur, les bacs et citernes, l'atelier au noir, celui du lavage des sacs, la chambre à pulpe, etc.;

Et de l'autre, au premier étage, les chaudières de défécation et les presses à écumes, les appareils de carbonatation et les bacs à jus; les appareils d'évaporation à triple effet et les chaudières à cuire dans le vide qui, construites sur de grandes dimensions, permettent la *cuite* en *grains;* le magasin à sucre est à côté dans une grande salle fermée.

Les dessins, planches 1, 2, et 3, représentent la disposition générale et les détails particuliers de ces divers appareils; on voit qu'ils sont nombreux, et la plupart sont assez compliqués pour exiger des explications étendues qui sont surtout nécessaires aux personnes peu initiées à ce genre d'industrie. Nous pourrons, en les décrivant successivement, montrer les modifications qu'ils ont subies et mentionner, dans chaque cas, les ingénieurs, les chimistes ou les inventeurs à qui l'on doit ces innovations, ou les perfectionnements que les constructeurs

ont adoptés. Nous aurons beaucoup à parler surtout des procédés de MM. Périer et Possoz qui ont opéré une véritable révolution dans le mode d'épuration des jus.

A l'Exposition universelle de 1862, MM. Cail et Ce avaient envoyé, avec plusieurs autres machines, une série d'appareils relatifs à ces nouveaux procédés que les auteurs appliquent avec un égal succès non-seulement aux sucreries de betteraves, mais encore aux sucreries de cannes.

Aussi, on y remarquait, non sans une certaine satisfaction et un véritable orgueil national à cause de la nouveauté des appareils :

Une machine aspirante et soufflante, destinée à puiser l'acide carbonique d'un four à chaux et à l'envoyer dans les cuves de carbonatation ;

Une chaudière à déféquer, trois chaudières à carbonater, avec autant de bacs débourbeurs ou à repos, et deux filtres à noir animal ;

Un grand appareil évaporatoire dans le vide, système dit à triple effet, pouvant opérer sur 2,200 hectolitres de jus en 24 heures ;

Une grande chaudière à cuire les sirops et à cristalliser le sucre dans le vide, avec les condenseurs et accessoires.

On y voyait, en outre :

Un système de pompes à air verticales, avec machine à balancier, système analogue à celui publié dans le quatrième volume de notre Recueil ;

Un moulin à cannes de 25 chevaux, avec moteur à vapeur et transmission, conducteurs de cannes et de bagasse ;

Un appareil relatif à l'égouttage forcé, aux clairçage et rinçage des cristaux de sucre ;

Un mélangeur (système Cann) pour préparer la pâte destinée aux turbines à force centrifuge dans les raffineries ;

Une machine à vapeur horizontale de 20 chevaux, à détente variable (1).

C'était évidemment la plus belle exhibition concernant le bon outillage d'une sucrerie, celle qui attirait le plus l'attention, sous le rapport de l'importance et de l'exécution des appareils.

Disons cependant qu'on a encore remarqué à la même Exposition quelques appareils de construction étrangère ; telles sont :

Deux chaudières accouplées de MM. G. Forrester et Ce, constructeurs anglais, qui ont cherché à évaporer dans le vide par double effet, et à opérer la cuite dans une troisième chaudière séparée, travaillant aussi sous le vide, et munie d'une soupape de fond à tiroir ;

La grande chaudière ovoïde de M. Eckmann, de Berlin, pour cuire de même dans le vide. Cette chaudière, d'environ 5 mètres de hauteur

(1) Ce système de machine, qui est aujourd'hui très-répandu, a été décrit avec détail dans notre *Traité théorique et pratique des Moteurs à vapeur.*

et 3m50 de diamètre, est destinée à concentrer, au terme de la cuite, 5,000 kilogrammes de sirop en moins de 3 heures. Elle renferme quatre gros serpentins qui, pour la circulation et la sortie de la vapeur de l'eau, exigent huit forts robinets.

MM. Cail et Ce qui, outre leurs grands établissements de Chaillot et de Grenelle, possèdent aussi un atelier de construction important à Bruxelles, dirigé par M. Halot, avaient également exposé dans la galerie Belge un appareil évaporatoire à triple effet pouvant traiter 1,000 hectolitres de jus en 24 heures, et une chaudière de concentration ou de cuite disposée, comme celle de Barberie, avec double fond et plusieurs serpentins, de manière à produire le sucre en grains. Ces appareils, que les constructeurs destinent indifféremment à toutes les sucreries indigènes ou coloniales, étaient accompagnés de leurs accessoires nécessaires : pompes à air à double effet, râpe à betteraves à deux repoussoirs, presse hydraulique à tirants en fer, appareil de pompes à injection à six corps, turbine centrifuge, etc.

Avant de décrire les divers appareils que nous venons d'énumérer et qui se retrouvent, pour la plupart, dans l'usine de Barberie, il nous a paru de quelque intérêt de donner une notice historique sur les travaux en sucrerie et en distillerie exécutés par la maison Cail, qui occupe aujourd'hui un rang si élevé dans la construction des machines. Ce sera en même temps faire voir la marche des progrès qui ont été réalisés dans la fabrication du sucre.

Les ateliers importants de cette maison, connus sous la dénomination des établissements Derosne et Cail, occupent actuellement près de 5 mille ouvriers, dont 2,500 à Paris, 1,000 à Douai, Denain et Valenciennes, 600 à Bruxelles, et 400 à Amsterdam. Ils peuvent livrer annuellement pour 20 millions de travaux mécaniques aux industries privées, à la navigation et aux chemins de fer.

Dans le principe, la maison Cail s'occupa presque exclusivement de la construction des appareils de distillerie et de sucrerie. Dans ces deux branches de construction elle a tenu le premier rang, s'associant à tous les progrès, ne reculant devant aucun sacrifice pour faire faire un pas nouveau à ces deux industries, mais n'aventurant rien au hasard et ne livrant aux industriels que des appareils mûrement étudiés, et ayant fait manufacturièrement leurs preuves.

Dès 1813, après de nombreux essais, M. Ch. Derosne inaugura dans les raffineries de sucre l'emploi du noir animal, corps jouissant au plus haut degré des pouvoirs décolorants. L'emploi de cet agent, appliqué ultérieurement à la fabrication du sucre de betterave, en société avec M. Julien Dumont, et au moyen duquel on obtenait, d'une plante contenant un grand nombre de matières étrangères, des sucres de qualités et de nuances égales à celles des sucres de canne, permit de développer en France la culture de la betterave, et par suite a fabrication du sucre indigène.

Sans l'intervention de cet agent, la fabrication du sucre indigène serait

restée stationnaire, sinon impossible, et la betterave aurait cédé la place à sa sœur aînée, la canne à sucre.

L'application inaugurée par M. Ch. Derosne eut donc pour effet de donner à la fabrication du sucre indigène le moyen de lutter avec le produit des colonies; mais, en raison du prix élevé et des quantités assez notables de noir que demandaient la fabrication et le raffinage, l'emploi de cet agent décolorant ne devait pas être le dernier mot de l'épuration des jus et sirops.

En effet, depuis l'époque de cette première application, les efforts des chimistes et fabricants de sucre ont tendu à diminuer la quantité de noir nécessaire au travail des jus sucrés. De nombreux essais de laboratoire furent faits pour résoudre le problème, en soumettant ces jus à l'action successive de la chaux et de l'acide carbonique.

Ce furent MM. Rousseau frères qui, les premiers, déterminèrent les conditions dans lesquelles ces deux agents devaient être employés pour produire des résultats avantageux.

La maison Cail unit ses efforts à ceux de ces deux habiles chimistes, elle étudia et construisit un matériel spécial pour la mise en pratique des conditions indiquées par MM. Rousseau frères. Les essais furent alors transportés du laboratoire dans la fabrique de sucre, et ils permirent de constater une notable économie de noir. Depuis, le procédé de MM. Rousseau a fait ses preuves, son efficacité est généralement reconnue, et il est suivi actuellement dans plus de trois cents fabriques.

Dans ces dernières années, MM. Périer et Possoz, étudiant de nouveau l'action de la chaux et de l'acide carbonique sur les jus sucrés, trouvèrent que le mode d'emploi de ces deux agents, tel que l'avaient conseillé MM. Rousseau, tout en donnant des résultats déjà satisfaisants, étaient loin de produire ceux qu'on pouvait attendre d'un emploi plus méthodique. Ils remarquèrent qu'en opérant dans des conditions et à des phases de travail toutes différentes de celles précédemment indiquées, en fractionnant les opérations, on obtenait des produits qui ne le cédaient en rien aux sucres raffinés.

L'application manufacturière de ce nouveau procédé, l'étude d'un matériel spécial propre à le mettre dans des meilleures conditions de réussite possible, exigeaient le concours d'une maison habituée de longue main aux travaux de cette nature. La maison Cail et Cᵉ se trouvait naturellement indiquée pour la mise en pratique et la propagation de cette nouvelle idée. Un accord intervint entre elle et MM. Périer et Possoz, les essais furent répétés dans le laboratoire, puis dans une fabrique de sucre au moyen d'appareils étudiés de concert avec les inventeurs et MM. Cail et Cᵉ. Les résultats qu'on obtint justifièrent les espérances que les premiers essais avaient fait concevoir. Dès 1861, sept fabriques de sucre brut, employant ce procédé, produisirent des sucres assimilables aux raffinés et livrables directement à la consommation. Ajoutons que le noir n'agit plus dans ce procédé que comme filtre mécanique destiné à retenir les dépôts, et que cet agent, qu'on a cru pendant longtemps indispensable à la fabrication et au raffinage, n'est plus maintenant qu'un accessoire de peu d'importance.

La maison Cail, appelée à donner son concours aux divers procédés d'épuration de jus qui se sont produits dans l'industrie sucrière, a dû étudier avec soin quels devaient être les meilleurs appareils mécaniques, tant pour le travail de la canne que pour celui de la betterave. Chargée d'installer des usines com-

plètes, elle a établi une série de modèles de moulins puissants pour l'extraction du vesou, et de râpes et presses hydrauliques pour l'extraction des jus de la betterave. Mais parmi les autres opérations auxquelles ont doit soumettre les jus sucrés pour les transformer en sucre, celles qui semblent avoir fixé plus particulièrement son attention et ses études sont l'évaporation des jus et la cuite des sirops.

Ces deux opérations nécessitent, en effet, des dépenses de combustible considérable, en raison des quantités énormes d'eau qu'on doit éliminer (80 à 90 pour 100).

Se basant sur le principe émis par M. Derosne, dès 1813, MM. Cail et C[e] ont produit successivement, dans l'industrie, des appareils d'évaporation dont les derniers types connus sous le nom d'appareils *à triple* effet, permettent de réduire de 50 pour 100 la dépense de combustible des usines montées avec les appareils ordinaires. Ces appareils opèrent dans le vide, ce qui, en outre de l'économie de combustible réalisée, permet de soustraire les jus à l'action des hautes températures, et, par suite, d'empêcher la transformation d'une partie du sucre en mélasse.

L'appareil à cuire est basé sur les mêmes principes que les appareils d'évaporation. De plus, grâce à des dispositions de détail toutes particulières, il permet de cuire les sucres en grains qui sont plus faciles à purger et donnent un rendement plus élevé par hectolitre de matière cuite.

On n'aurait résolu qu'une partie du problème si, après être arrivé, au moyen d'appareils à évaporer et à cuire, heureusement et rationnellement combinés, à réduire la dépense de vapeur, on n'était pas parvenu à produire cette vapeur dans les meilleures conditions économiques. Les générateurs tubulaires viennent, pour cette raison, former le complément naturel d'une installation perfectionnée.

Les conditions spéciales de construction arrêtées et les proportions adoptées par la maison Cail pour ce système de générateurs qu'elle a, la première, inauguré dans les fabriques de sucre et les industries diverses, ont donné des résultats tels que, joints aux appareils d'évaporation et de cuite dans le vide, ils ont amené la consommation de combustible à n'être plus que le tiers de ce qu'elle est encore dans les fabriques installées suivant les systèmes anciens, et que, dans les sucreries de cannes, la bagasse seule suffit pour produire toute la vapeur nécessaire à l'usine, sans qu'il soit besoin d'employer d'autre combustible.

Avant de terminer ce qui a rapport à l'industrie sucrière, nous citerons encore, parmi les progrès importants qui ont été réalisés et auxquels la maison Cail a été appelée à prêter son concours, l'application de la force centrifuge à la purgation et au clerçage des sucres. Plus de 5,000 appareils, construits sur le modèle de la société Rohlfs, Seyrig et C[e], propriétaires des brevets avec des perfectionnements propres à la maison Cail, sont sortis des ateliers Derosne et Cail et fonctionnent actuellement. Les avantages résultant de l'emploi des turbines sont trop connus et ont été trop bien appreciés par l'industrie sucrière pour qu'il ne soit pas inutile de les rappeler ici.

En distillerie, l'appareil de distillation continue, créé par Cellier Blumenthal en compagnie de feu Ch. Derosne, et connu dans l'industrie sous le nom d'*appareil* Derosne, est encore celui qui est le plus estimé, il n'a subi que cer-

taines modifications de détail ; mais les dispositions générales sont restées les mêmes, et forment toujours le fond des combinaisons diverses qui s'appliquent successivement dans la distillation.

Dans ces derniers temps, MM. J. F. Cail et Ce ont prêté leur concours à la propagation d'un système particulier de distillation (système Champonnois, que nous avons publié dans le tome IX), système qui a eu la plus grande influence sur l'avenir de l'agriculture et de l'élève des bestiaux.

DESCRIPTION DES APPAREILS DE LA SUCRERIE DE BARBERIE

REPRÉSENTÉS PLANCHES 1, 2 ET 3.

La fig. 1 du dessin, pl. 1, représente un plan général de la fabrique proprement dite, avec l'indication des appareils qui la composent.

La fig. 2 est une coupe longitudinale, faite suivant la ligne 1-2 de la fig. 1.

La fig. 3 du dessin, pl. 3, montre une section transversale faite suivant la ligne 3-4.

Et la fig. 4, un plan vu en dessus de la partie relative à la défécation de jus et à leur carbonatation.

Ces quatre figures sont dessinées à l'échelle de 1/200e.

Les autres figures montrent, à des échelles beaucoup plus grandes, les divers appareils particuliers qui, n'ayant pas encore été donnés dans ce Recueil, exigent par cela même des explications plus étendues pour être bien comprises. Quant à ceux que nous avons déjà décrits précédemment, nous aurons le soin de renvoyer aux volumes qui les contiennent.

Nous suivrons, dans la description du matériel général de cette usine, l'ordre des opérations successives que l'on fait subir à la betterave pour en extraire le jus et la transformer en sucre, comme nous l'avons fait déjà antérieurement, en décrivant d'abord dans le tome VII l'ensemble d'une sucrerie de betteraves établie avant l'année 1850, et plus récemment dans le tome XIV, la sucrerie de Nossi-bé, par MM. Brissonneau frères, de Nantes.

On a pu voir, en comparant les plans d'ensemble de ces deux sucreries, que c'est surtout dans le mode d'extraction du jus que les opérations diffèrent essentiellement entre elles.

Ainsi, tandis qu'on emploie des moulins à cylindres pour briser a canne et la comprimer très-énergiquement afin d'en retirer le plus de jus possible, on est obligé, pour la betterave, après l'avoir lavée, de la réduire en pulpe et de soumettre celle-ci à l'action de fortes presses. Tel est encore, malgré les diverses méthodes que l'on a successivement proposées à différentes époques, le procédé suivi généralement aujourd'hui, et que nous allons rappeler en peu de mots.

TRAITEMENT DE LA BETTERAVE.

EXTRACTION DU JUS.

On se rappelle que le traitement de la betterave pour en extraire le jus, tel qu'on le pratique presque partout, en France et ailleurs, comprend les trois opérations distinctes suivantes :

Le *lavage*, le *râpage* et le *pressage* à plusieurs degrés.

A l'usine de Barberie, l'atelier de lavage, disposé sur la droite de l'établissement, est assez vaste pour contenir deux laveurs, et la grande quantité de racines que l'on peut traiter dans une journée de travail.

Dans l'origine, cette usine ne possédait qu'un seul laveur et une seule râpe qui suffisaient au traitement de 120,000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures; mais le projet a été étudié pour doubler ces appareils et permettre par suite d'en laver et râper environ 200,000 kilogrammes par jour.

LAVAGE ET RAPAGE.

Un laveur à betteraves consiste, comme on l'a vu précédemment, en un grand cylindre à claire-voie ou en tôle percée A (fig. 1 et 2, pl. 1), de 1m10 de diamètre sur 3 mètres de longueur, établi au-dessous d'une grande trémie à faces inclinées, dans laquelle tombent les pierres et la terre qui se détachent des betteraves à l'aide d'un courant d'eau que l'on envoie dans le cylindre pendant son mouvement de rotation, et qui les entraîne par un large conduit en dehors de l'usine. L'axe du cylindre est monté sur des bâtis assez élevés, afin que la betterave qui en sort par l'extrémité opposée à l'introduction puisse arriver directement par un plan incliné sur la tête de la râpe mécanique.

Un faux plancher B et un escalier sont établis près de chaque laveur, pour permettre aux ouvriers chargés de les alimenter de monter la betterave et de la jeter à leur entrée, qui présente une large ouverture circulaire. Les laveurs sont nécessairement logés dans un atelier séparé qui sert en même temps de magasin à betteraves, et suivi d'une salle destinée à recevoir les pulpes pressées, résidus qui donnent une bonne nourriture aux bestiaux.

La râpe est du système que nous avons décrit dans le VIe vol. (pl. 17). Elle se distingue, comme on sait, par l'application de sabots aux poussoirs automatiques qui forcent les betteraves à s'appuyer contre les lames dentées du tambour cylindrique C, en exerçant une pression constante et plus régulière que celle que l'on obtiendrait par la main de l'homme. En Allemagne, et particulièrement en Prusse, les constructeurs, pour éviter l'emploi des poussoirs et par suite simplifier la machine, appliquent simplement un large conduit qui est presque vertical, et qui s'élève à

plus de 1ᵐ20 de hauteur; ce conduit est surmonté de la trémie dans laquelle on jette la betterave lavée; la charge de racines ainsi superposée, paraît suffisante pour qu'elles soient attaquées successivement par les dents des lames.

Le diamètre du tambour de la première râpe montée est de 0ᵐ70, et sa largeur de 0ᵐ90; elle est à trois poussoirs; la seconde râpe est moins large et n'a que deux poussoirs.

La vitesse des cylindres laveurs n'est pas de plus de 26 à 28 révolutions par minute, mais celle des tambours de râpage est beaucoup plus considérable. Elle s'élève à près de 1000 tours par minute. Il importe que cette vitesse soit très-grande pendant que les poussoirs marchent très-lentement, parce qu'il faut opérer rapidement et obtenir des pulpes très-fines. A cet effet, les lames sont taillées à denture très-serrée et peu profondes; on les met très-rapprochées et peu saillantes sur la circonférence du tambour. Le filet d'eau qui arrive sans cesse sur celui-ci pendant la rotation nettoie les dentures, et, extrayant une partie du sucre par endosmose, rend le jus plus riche et plus abondant.

Le mouvement est donné à ces appareils, comme on le verra plus loin, par les arbres de couche a, a' et a^2, portés sur des pièces de charpente qui sont placées à la hauteur du premier étage, et se relient aux murs du bâtiment.

PRESSAGE.

La pulpe sortant des râpes est reçue dans des espèces de bassins en métal et immédiatement mise dans des sacs de laine(1) pour être soumise à l'action des presses situées à peu de distance. Ces presses sont de deux sortes; les unes sont à vis, destinées à effectuer une première pressée en opérant très-rapidement, les autres sont des presses hydrauliques dont l'action est très-énergique et permet d'extraire la plus grande quantité de jus.

Presse a vis. — Ces presses, qui remplacent le système de tables à colonnes appliquées dans les précédentes fabriques indiquées pl. 5 du tome 7, permettent d'effectuer la première pressée avec une grande rapidité. Nous avons cru devoir en donner le détail, en élévation et en plan, sur les fig. 5 et 6 du dessin planche 2.

On voit qu'elles se composent d'une grande table en fonte D, de 2ᵐ20 de longueur sur 1ᵐ10 de largeur, et sur la surface de laquelle sont ménagées plusieurs rigoles qui reçoivent le jus et le dirigent dans de grandes conduites pratiquées sous le sol. Elle est montée sur un gros bloc ou dé en fonte D′, qui repose et se boulonne par sa base élargie sur une pièce

(1) Au lieu de sacs de laine, quelques fabricants emploient depuis peu des sacs confectionnés avec des tissus en cheveux, suivant le procédé de M. Desbaux, qui a monté une fabrique, près de Nancy, pour ce système.

d'assise. Cette même table est surmontée de quatre petites colonnettes en fer *b*, qui sont reliées vers leur partie supérieure par un sommier rectangulaire en fonte D^2, et servent de guide au plateau presseur D^3, au milieu duquel s'attache l'extrémité inférieure de la vis à deux filets *c*.

Cette vis, dont le diamètre n'a pas moins de 0^m120, doit monter et descendre avec son plateau. Pour cela, son écrou en cuivre *c'* est engagé dans le moyeu d'une roue horizontale *d*, à dents hélicoïdales avec lesquelles engrènent les filets d'une vis sans fin *d'* forgée avec son axe. Celui-ci, porté par des paliers rapportés sur le sommier D^2, se prolonge en dehors pour recevoir de chaque bout les poulies fixes *e*, qui ont 0^m08 de largeur sur 0^m325 de diamètre, et en outre les poulies folles *e'* de même diamètre, mais deux fois plus larges, il y a donc ainsi deux courroies de commande, l'une croisée et l'autre à plat. Cette disposition a pour objet de faire marcher le système, à volonté, tantôt d'un côté et tantôt de l'autre, pour effectuer alternativement la marche ascensionnelle et descensionnelle du plateau mobile et au besoin le laisser au repos. A cet effet, un système d'embrayage et de désembrayage est ingénieusement combiné pour faire passer l'une des courroies sur la poulie fixe, par exemple, et l'autre sur la poulie folle, et réciproquement; ou bien, au besoin, pour faire passer à la fois les deux courroies sur leurs poulies folles respectives, afin d'arrêter complétement le mouvement de la vis et du plateau.

Ainsi, les deux fourchettes d'embrayage *f*, *f'* ajustées sur la même tringle horizontale *g*, mais en direction contraire, reçoivent de cette tringle un mouvement de va-et-vient vers la droite ou vers la gauche, au moyen d'un levier à contre-poids *g'*, dont le bras le plus court se relie par articulation avec l'extrémité supérieure de la tige verticale g^2, laquelle se termine par une poignée pour se mettre à la portée de l'ouvrier chargé d'alimenter la presse. Quand celui-ci tire la tige, par exemple, il fait avancer la fourchette de droite *f'*, en regard de la poulie fixe, et celle de gauche *f* vis-à-vis sa poulie folle *e'*; il fait le contraire en poussant la tige de bas en haut. Mais, s'il la maintient dans une position intermédiaire, comme celle indiquée sur l'élévation, fig. 5, les deux courroies se trouvent sur les poulies folles, et par suite il n'y a pas de mouvement, l'appareil reste au repos. Pour éviter que le système ne puisse se déplacer pendant la marche, un cliquet à ressort et à poignée g^3 presse sur la tige verticale et l'empêche de monter ou de descendre.

Les hommes chargés de l'entretien de ces appareils, après avoir mis la pulpe dans des sacs de laine, les empilent successivement sur la table de chaque presse, en les séparant par des claies ou des plaques percées d'un grand nombre de trous. Le plateau presseur se trouve alors dans sa position la plus élevée. Dès que la pile est complète, ce qui a lieu en très-peu de temps, l'un de ces ouvriers engage le système d'embrayage de façon à faire fonctionner la courroie de commande qui détermine

la marche descensionnelle, afin d'exercer la pression nécessaire sur les sacs.

On comprend sans peine que cette opération se fasse promptement, à cause du mouvement rapide imprimé à chacun des organes. Il est vrai qu'elle ne donne pas, à beaucoup près, tout le jus que la betterave peut contenir, mais elle en extrait toujours 38 à 40 p. 100 et plus, ce qui est déjà considérable, et permet, avec deux presses semblables, de suffire à l'alimentation de huit presses hydrauliques puissantes.

Les mouvements de ces presses à vis sont pris sur les arbres transversaux a^3, qui prennent leur commande au moyen d'un pignon d'angle x sur le grand arbre de couche a (fig. 1, pl. 1).

PRESSES HYDRAULIQUES. — Les sacs de pulpe qui ont ainsi reçu une première pression sous les plateaux des presses à vis, sont ensuite portés en plus grand nombre sur la table qui surmonte les pistons des presses hydrauliques, où ils doivent recevoir une pression beaucoup plus énergique, mais en même temps beaucoup plus lente; car, si on comprimait très-fortement, avec trop de rapidité, on courrait le risque de déchirer les tissus, en ne laissant pas au jus le temps de s'écouler au fur et à mesure qu'il est mis en liberté.

La construction de ces presses présente plusieurs particularités assez intéressantes par rapport à celles que nous avons déjà publiées (voir les vol. V, VII et VIII); nous avons cru devoir en montrer le détail sur la pl. 2.

La fig. 7 est une section verticale faite par le milieu du corps de presse.

La fig. 8 en est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 5-6.

La fig. 9 est une projection latérale, et la fig. 10 un plan du sommier ou plateau fixe supérieur.

Tout ce système est vertical, composé d'un grand cylindre en fonte E de 0m525 de diamètre extérieur, 0m100 d'épaisseur, et de 2m230 de hauteur totale, y compris le fond. Il repose par sa partie supérieure, formant embase, sur une forte plaque d'assise F fondue avec des oreilles et des nervures qui lui donnent toute la solidité désirable.

Cette plaque, ou sommier inférieur, se relie, par quatre tirans en fer F′, au sommier supérieur F^2, qui est également fondu avec des nervures. Les constructeurs ont cherché à éviter, dans ce genre de presse, l'emploi des clavettes et des boulons à écrou pour fixer les tirants. Ils ont préféré forger ceux-ci avec des renflements en forme de talon vers les extrémités, comme le montre la fig. 9, afin qu'ils embrassent l'épaisseur des sommiers. Pour faciliter leur introduction, il a suffi de laisser entre les oreilles de ces dernières une plus grande largeur que celle correspondante au double de leur section; puis, quand ils sont en place, d'interposer entre eux de fortes cales en bois ou en fonte h qui maintiennent parfaitement leur écartement.

Le piston E′ de la presse n'est autre qu'une grosse tige, fondue creuse

et tournée, très-exactement cylindrique, au diamètre de $0^{m}300$, qui correspond à l'ouverture alésée du corps de presse, lequel est muni de son cuir embouti replié. Ce piston est légèrement diminué par le haut pour former une portée à la table en fonte E^{2} avec laquelle il est relié par une goupille. C'est sur cette table ou plateau mobile que l'on empile tous les sacs de pulpe qui ont déjà reçu une première pressée, sous l'action de la presse à vis, en les séparant toujours par des claies ou des plaques minces de métal; et, pour que le tout soit bien guidé dans la marche descensionnelle, on a le soin de les retenir par des tiges méplates de fer *i*, que l'on fait entrer par les orifices rectangulaires percés dans l'épaisseur du sommier supérieur, et reposer par le bas sur les entailles correspondantes creusées sur la surface du plateau mobile.

Des rigoles sont aussi ménagées sur les pourtours de ce plateau, afin de donner écoulement au liquide qui s'échappe, en définitive, par une tubulure latérale, pour se rendre dans de grands conduits ou canaux souterrains pratiqués sous le sol, et dans lesquels se recueillent tous les jus provenant des différentes pressées.

Après 10 à 12 minutes d'une pression continue, qui peut en totalité s'élever à plus de 200 atmosphères, on desserre la presse, pour enlever les sacs et les changer de position, en les réunissant deux par deux entre les claies, afin de soumettre de nouveau la pulpe à une nouvelle pression, qui est quelquefois plus énergique que la précédente, ce qui permet d'arriver ainsi à extraire définitivement de la betterave environ 80 pour 100 de jus.

Le diamètre du piston étant de $0^{m}30$, sa section est égale à $0^{m.q.}70686'$, soit 7070 centimètres carrés; si on admet la pression maximum de 200 atmosphères, ce qui correspond à $206^{k}60$ par centimètre carré, on voit que la charge sur le piston, et conséquemment sur le plateau presseur, est de

$$706,86 \times 206,6 = 14603 \text{ kilogrammes.}$$

Or, les sacs et tourteaux serrés entre le plateau et le sommier, et compris entre les guides en fer *i*, présentant chacun une superficie d'environ 40 décimètres carrés, il en résulte que la pression exercée est de 36 à 37 kilogrammes par centimètre carré. Dans une seconde pressée, si on élève la charge totale à trois cents atmosphères, la pression sur chaque centimètre carré de plateau peut aller à 54 ou 55 kilogrammes.

Afin d'éviter les altérations qui peuvent avoir lieu pendant la durée de ces manipulations, M. Payen conseille de plonger de temps en temps les sacs dans de l'eau tenant en dissolution 2 à 3 millièmes de tanin. « Cette précaution est surtout indispensable, dit-il, lorsque les betteraves ont subi un premier degré d'altération. »

Plusieurs inventeurs ont cherché à éviter l'emploi de ces sacs qui, dans les sucreries, sont l'objet d'une dépense annuelle assez considérable.

A cet effet, les uns ont proposé de renfermer la pulpe dans des capacités métalliques percées de trous sur toute la paroi latérale; tels sont les systèmes de M. Thomas et de M. Legavrian, que nous avons publiés dans les tomes xv et xxv du *Génie industriel.* D'autres ont imaginé des appareils à cylindres formant en quelque sorte *laminoir,* dans lesquels la pression augmente successivement, comme on l'a vu également dans le volume xxvi de la même Revue.

Mais jusqu'ici, ces divers procédés ne paraissent pas avoir pu remplir le but à cause de la difficulté même que l'on rencontre à faire sortir le jus du tissu qui le renferme, et qui cherche à fuir avec lui à la moindre issue.

Nous avons déjà parlé, du reste, dans notre VIIe volume, de différentes méthodes qui ont été tentées, il y a plusieurs années, pour l'extraction du jus de la betterave, et en particulier de la *macération* qui, pendant un certain temps, a fait sensation, et a été appliquée dans quelques contrées. Nous croyons donc inutile de revenir sur la description de ces divers procédés qui sont presque généralement abandonnés.

Pompes d'injection. — Pour la manœuvre régulière des presses hydrauliques, il faut toujours que les pompes d'injection chargées d'alimenter chaque corps de presse soient bien combinées de manière que le jeu des soupapes fonctionne dans les meilleures conditions, et que la limite de pression soit exactement déterminée, afin de ne pas occasionner d'accident. Nous avons eu l'occasion de montrer, à ce sujet, plusieurs dispositions ingénieuses, soit en publiant la presse à colonne de M. Dewilde (tome v de la *Publication industrielle*), et les presses à plomb de M. Cavé, soit en décrivant le système régulateur appelé *réservoir de force,* de M. Falguière (tome XIII).

Les pompes d'injection exécutées par MM. Cail sont également bien entendues, et d'une construction très-simple, comme on peut le voir par les détails fig. 11 à 16, pl. 3.

Elles sont disposées au nombre de six corps sur la même bâche en fonte G (fig. 1 et 2), dans laquelle elles puisent l'eau nécessaire à l'alimentation des presses hydrauliques. Deux appareils semblables suffisent donc pour alimenter douze presses comme celles qui sont indiquées sur le plan général.

L'une des particularités qui distinguent la construction de ce système, c'est la disposition des deux pistons foulants pour chaque pompe (1). Ces pistons, placés dans le prolongement l'un de l'autre, ne forment qu'une seule et même tige, d'un plus fort diamètre dans la partie supérieure. Ainsi le gros piston a 48 millimètres de diamètre, soit 18^c.q.^09 de section, tandis que le petit ne porte que 12 millimètres,

(1) Cette disposition est identique à celle de M. Dewilde, publiée dans le vol. v.

c'est-à-dire une section seize fois plus petite. Ils marchent constamment ensemble ; mais tout le mécanisme est combiné de telle sorte que, lorsque la pression est arrivée à un certain degré, un petit piston spécial ou mandrin vertical soulève le contre-poids qui le maintenait, et, par l'intermédiaire d'une tige et d'un levier, soulève la soupape d'aspiration du gros piston qui alors cesse d'agir. Le même effet se produit pour le petit piston, par un mécanisme semblable, quand la pression maximum déterminée à l'avance est atteinte.

La fig. 11 (pl. 2) est une coupe verticale faite par l'axe de l'un des corps de pompe.

La fig. 12 est une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 7-8.

Les fig. 13, 14, 15 et 16 montrent les différentes vues de détail du mécanisme régulateur dont nous venons de parler.

Nous n'avons pu indiquer sur ces figures qu'un très-petit fragment de la bâche G sur laquelle repose tout le système des six corps de pompe et leurs accessoires. Cette bâche n'est autre, au reste, qu'une grande caisse rectangulaire en fonte fermée de toute part, et sur les bords de laquelle sont rapportés deux bâtis qui supportent à leur sommet l'arbre de couche de commande. Les bielles en fer auxquelles cet arbre transmet son mouvement se relient par leur partie inférieure avec une chape en fer, rapportée sur la tête des pistons au moyen d'un boulon libre qui permet l'articulation.

Chaque corps de pompe H est en bronze fondu avec des oreilles qui servent à l'assujettir sur la bâche, et il est percé de plusieurs petits canaux ou conduits qui donnent passage à l'eau aspirée et refoulée.

Le gros piston I joue dans la partie supérieure qui est garnie d'un double cuir embouti serré par un fort bouchon à vis, et le petit piston *j* est ajusté de même dans la partie inférieure qui est réduite de diamètre.

Sur les côtés latéraux sont ménagées deux tubulures à l'une desquelles (celle inférieure de gauche) s'adapte le tuyau d'aspiration *k*, qui plonge dans la bâche, et porte une soupape conique à sa partie supérieure, et à l'autre (celle de droite), le tuyau de refoulement *l*, qui conduit l'eau à la presse hydraulique, en passant toutefois par le mécanisme régulateur de la pression.

A l'extrémité inférieure du corps de pompe est encore rapporté un second tuyau d'aspiration *k'* plongeant aussi dans la bâche, et muni également d'une soupape, pour servir au jeu du petit piston.

On voit déjà, par cette disposition, que lorsque l'appareil est en fonction, les deux pistons aspirent ensemble quand ils s'élèvent, par leurs tubes respectifs *k* et *k'*, et ils refoulent de même l'eau qu'ils ont aspirée, quand ils redescendent; cette eau est dirigée, en partie, par le canal intérieur de gauche, mis en communication avec le premier tuyau *k*, et prolongé à droite pour aboutir à la tubulure qui reçoit le tuyau d'échap-

pement *l*; et en partie par le canal vertical intérieur de droite, lequel vient également aboutir à la même tubulure.

Il importe de remarquer que cette tubulure est élargie comme le montre le plan, fig. 12, pour recevoir sans les confondre les deux canaux qui, à leur sommet, sont munis chacun d'une soupape dite de refoulement; au-dessous de ces soupapes, comme au-dessus de la première soupape d'aspiration, sont des bouchons à vis *m*, qui permettent de visiter l'intérieur toutes les fois qu'il est nécessaire.

Jusques-là, on comprend que ce système remplit exactement le même but que la pompe ordinaire aspirante et foulante, mais comme il importe, pour éviter les accidents, de ne pas dépasser la pression limite à laquelle la presse doit fonctionner, c'est le cas d'appliquer le mécanisme régulateur représenté en section verticale, fig. 13 et 14, et en coupe horizontale, fig. 15 et 16.

Ce mécanisme est très-simple et constitue la partie intéressante de l'appareil. Il se compose d'une pièce en bronze J, à double tubulure, recevant d'un côté le prolongement du tuyau de refoulement *l*, et de l'autre, le tuyau de même diamètre *l'* qui se rend à la presse hydraulique (fig. 9), en tête de la partie intérieure évidée du cylindre, pour conduire l'eau refoulée sous le piston E'.

Quand la presse est en fonction, ces deux tuyaux *l* et *l'* se communiquent et n'en forment véritablement qu'un seul, par conséquent l'eau refoulée par la pompe peut se rendre directement à la presse, en passant autour de la partie inférieure du bouchon fileté *n*, qui est descendu, comme le montrent les figures 13 et 14, sur le bord conique du canal central *n'*, lequel débouche dans la bâche. Lorsqu'on veut arrêter, on ouvre ce canal en tournant le bouchon à la main, à l'aide du petit volant n^2, rapporté à son sommet; l'eau de la presse peut alors retourner à la bâche. Le bouchon *n* ferme le haut très-hermétiquement, parce qu'il est fileté dans une douille à vis qui presse sur un double cuir embouti.

De chaque côté de ce canal central sont alésés deux autres petits conduits parallèles, dans lesquels s'ajustent les pistons pleins ou mandrins *o*, *o'*, terminés à la base inférieure par une tige verticale. Le bout arrondi de cette tige s'appuie sur l'extrémité du plus petit bras d'un levier en fer K (fig. 17), qui peut osciller légèrement sur lui-même, en portant à l'autre bout un fort contre-poids *p*, capable de supporter une pression déterminée. Une tige verticale *q*, logée dans l'intérieur du tuyau d'aspiration, et reposant par sa base sur le levier, se prolonge jusqu'au-dessous de la soupape d'aspiration qu'elle touche presque quand celle-ci est au repos.

L'un des petits mandrins *o* correspond au levier chargé d'un poids qui doit faire équilibre à la pression maximum à laquelle doit marcher le gros piston I, c'est-à-dire à 30 au 40 atmosphères, par exemple, et l'autre *o'* correspond au levier que l'on charge d'un poids plus considé-

rable pour faire équilibre à la pression de 200 atmosphères, que l'on suppose la limite de charge.

Ainsi, dès que la pression a atteint le premier chiffre, elle commence à devenir assez forte pour faire descendre le mandrin *o* qui, s'appuyant sur le levier correspondant au gros piston, l'oblige à osciller, et par suite, à soulever la tige verticale *q* qui, par cela même, tient soulevée la soupape d'aspiration ; il en résulte que, à partir de ce moment, toute l'eau aspirée par le piston I retourne immédiatement à la bâche, au lieu de s'en aller à la presse. Pendant ce temps, le petit piston *j* continue à fonctionner, parce que le levier qui lui correspond, portant une charge beaucoup plus considérable que le premier, ne bouge pas, car le mandrin *o'* ne peut le faire osciller que lorsqu'il reçoit la pression maximum de 200 atmosphères.

Le diamètre des mandrins *o* et *o'*, étant de 0m018, leur section est de 2c.q.546, par conséquent pour faire équilibre à 40 atmosphères ou 41k32 par centimètre carré, le levier du premier doit le charger de

$$2,546 \times 41,32 = 105^{k}2.$$

En admettant le rapport de 1 à 10 entre le petit bras de levier qui reçoit le mandrin et le grand bras qui porte le contre-poids, il suffit de faire celui-ci égal à 10k52 ; mais le levier de celui *o'* pour équilibrer 200 atmosphères ou 206k60 par centimètre carré doit former une charge de

$$2,546 \times 206,6 = 526 \text{ kilog.}$$

Comme les deux bras du levier sont dans le rapport de 1 à 20, il suffit que le contre-poids placé à l'extrémité du plus grand soit le 1/20e de cette charge ou 26k30.

Par une telle disposition, on peut marcher avec la plus grande sécurité sans craindre les ruptures, qui pourraient arriver souvent par négligence ou par oubli, si on devait s'en rapporter à la surveillance continuelle d'un ouvrier.

MOTEUR ET TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

Avant de donner la description des divers appareils relatifs au traitement du jus, il nous paraît utile de parler de la machine à vapeur et des transmissions de mouvement qui ont été établies tout spécialement pour la commande des instruments et outils que nous venons d'examiner.

Machine a vapeur. — La machine à vapeur placée en L sur le plan général (pl. I, fig. 1) est horizontale, du système que nous avons décrit dans notre *Traité des moteurs à vapeur;* elle a été livrée pour la force nominale de 25 chevaux, à la vitesse normale de 70 tours par minute ; elle marche à haute pression, à détente variable et sans condensation. Les deux volants *r* qui sont placés sur son arbre coudé servent de pou-

lies de commande pour transmettre le mouvement, par deux courroies croisées au grand arbre de couche *a*. Le diamètre de ces volants est de 2m50, et celui des deux poulies *r'* qu'ils commandent est moitié, de sorte que la vitesse de l'arbre *a* est de 140 tours par minute. A côté de l'un d'eux, sur le prolongement du même axe coudé, est une petite poulie *s*, qui n'a que 0m60 de diamètre et transmet aussi son mouvement, par une courroie croisée, à une poulie de 2 mètres *s'* placée à l'extrémité du second arbre de couche *a'*, lequel ne marche ainsi qu'à la vitesse de 21 révolutions par 1'.

COMMANDE DES LAVEURS. — Cette vitesse ralentie est demandée pour les cylindres laveurs A, dont la rotation est très-lente, comparativement à celle des autres organes. Les poulies s^2, rapportées sur cet arbre *a'* pour commander celles s^3 des laveurs, sont un peu plus grandes que ces dernières dans le rapport de 1m90 à 1m45, ce qui donne pour ces dernières 27 révolutions par minute.

COMMANDE DES RAPES. — Le troisième arbre de couche a^2, qui doit spécialement commander les râpes, et par cela même avoir déjà une vitesse assez considérable, reçoit son mouvement du premier *a* par les grandes poulies *t* et *t'*, dont les diamètres respectifs sont de 2m80 et 1m40, ce qui donne par suite une vitesse de 280 tours par 1' à l'arbre a^2. Or, comme les poulies *u* qu'il porte ont 1m85, et que celles *u'*, placées sur l'axe du tambour des râpes, est de 0m52 seulement, il en résulte que la rotation de celles-ci est de près de mille révolutions par 1'.

Quant aux poussoirs qui doivent marcher très-lentement, l'axe des excentriques qui les fait avancer contre le tambour ne fait que 4 à 5 tours par minute, il est alors commandé par l'arbre intermédiaire *a'*, au moyen de petites poulies *v*, qui n'ont que 0m25 de diamètre, tandis que celles *v'*, rapportées sur l'axe des excentriques, ont au moins 1 mètre.

COMMANDE DES PRESSES. — On a vu que, pour commander les presses à vis, les constructeurs ont disposé des axes transversaux a^3 dont l'un reçoit le mouvement de l'arbre de couche *a* par une paire de roues d'angle *x*, et le transmet aux autres par la poulie *x'*, de manière à leur donner la même vitesse. Deux poulies *y*, égales en diamètre, sont rapportées sur chacun de ces axes pour correspondre avec celles *e* et *e'*, qui se trouvent sur l'axe de chaque presse.

Enfin, les deux séries de pompes d'injection reçoivent aussi leur commande du même arbre *a* par les poulies *r*, de 0m85 de diamètre, qui correspondent avec celles r^3, d'un diamètre double, placées sur l'axe de ces pompes.

TRAITEMENT DU JUS.

PRODUCTION DU SUCRE EN GRAIN.

Le traitement du jus sucré que l'on a obtenu à l'aide des machines qui précèdent, exige, pour se transformer en sucre cristallisé, une série d'opérations successives qui, dans ces dernières années surtout, ont reçu, comme nous l'avons dit, des modifications très-importantes, et présentent par cela même un très-grand intérêt à être décrites de nouveau.

Ces opérations comprennent :

1° Un premier chauffage des jus et leur défécation ;

2° Une première et une deuxième carbonatation d'après le nouveau procédé de MM. Possoz et Périer ;

3° Le filtrage des jus ;

4° L'évaporation dans des appareils à triple effet ;

5° La cuite des sirops dans des chaudières à vide ;

6° Le clairçage et l'égouttage aux appareils à force centrifuge.

Premier chauffage et défécation. — Ainsi que nous l'avons indiqué dans la description de la première sucrerie, publiée tome VII, le jus doit être, à la sortie des presses, épuré et chauffé rapidement, afin d'éviter les altérations spontanées qui peuvent se déclarer dans le liquide, surtout avant la défécation, lorsqu'il renferme encore toutes les matières azotées qui favorisent le développement de la fermentation.

« Une fabrique bien organisée, dit à ce sujet M. Payen, doit être disposée de manière qu'aucune quantité de jus ne fasse nulle part un long séjour avant d'arriver aux chaudières à déféquer. Il faut se servir exclusivement de vases métalliques, à angles arrondis, que l'on puisse nettoyer promptement dans toutes leurs parties. Afin de mettre le jus à l'abri de la fermentation, on élève le plus vite possible sa température au-dessus de 60°, et l'on procède aussitôt à la défécation. »

A cet effet, on ajoute dans le jus, chauffé par la vapeur, environ 5 kilogrammes de chaux préalablement hydratée, par 1000 kilogrammes de liquide. On laisse élever la température du mélange jusqu'à l'ébullition, puis interrompant l'entrée de la vapeur, on soutire au clair le liquide interposé entre l'écume qui surnage et le dépôt qui se trouve au fond de la chaudière.

Monte-jus. — Les jus sont d'abord amenés, par de larges conduits qui mettent toutes les presses en communication, à un appareil très-simple que l'on emploie beaucoup dans les sucreries, et qui est connu sous le nom de monte-jus. Il est représenté à une grande échelle sur le dessin pl. 2, fig. 18. Ce n'est autre qu'un cylindre M fermé en tête, d'environ 1m20 de diamètre sur 2 mètres de hauteur, logé dans une excavation faite assez large dans le sol pour permettre d'y aborder. On

sait que cet appareil remplace avec avantage la pompe élévatoire, en opérant beaucoup plus rapidement et en élevant déjà la température du liquide.

Il est muni, sur le côté, d'un tuyau à robinet *a* qui communique avec le canal de jonction de tous les conduits de sortie des presses, et, à sa partie supérieure, d'une tubulure verticale *b* qui monte jusqu'au-dessus du premier étage pour se rendre aux chaudières de défécation. Cette même tubulure reçoit un tube horizontal à robinet *c*, que l'on met en communication avec l'un des générateurs à vapeur.

Nous rappellerons en quelques mots la fonction de cet appareil :

Quand on y fait arriver de la vapeur, en ouvrant le robinet *c* et en fermant celui *a*, celle-ci se condense presque immédiatement et forme le vide, de sorte que, si l'on ferme le premier robinet et si on ouvre le second, le jus se précipite immédiatement dans le cylindre et le remplit. Et alors, dès que l'on ouvre l'un des robinets appliqués sur le prolongement du tuyau *b*, près des chaudières à déféquer, le liquide s'élève et se déverse dans la chaudière même dont le robinet est ouvert.

Les monte-jus pour les écumes et les sirops sont disposés de même, mais avec des dimensions moindres.

CHAUDIÈRES A DÉFÉQUER. — Les chaudières de défécation N sont au nombre de cinq (fig. 1, 3 et 4), d'une contenance de 17 à 18 hectolitres; leur diamètre est de 1m50, et la hauteur de la partie cylindrique en cuivre est d'environ 0m70, et celle de la partie sphérique inférieure de 0m75.

Elles sont toutes à double fond, construites sur le système de celle déjà décrite tome VII, pl. 5. La calotte extérieure du double fond est en fonte, mais celle intérieure est en cuivre rouge comme la hausse cylindrique.

L'épaisseur de la hausse cylindrique de chaque chaudière est de 2 millimètres seulement.

Celle du fond sphérique, qui est en cuivre comme la hausse, est de 6 millimètres (1).

Mais le fond extérieur, qui est en fonte, n'a pas moins de 22 millimètres.

(1) Voici la formule en usage pour calculer l'épaisseur du fond en cuivre de ces chaudières qui sont soumises aux mêmes conditions que les générateurs à vapeur, et doivent supporter une pression triple de celle effective.

$$e = 1,1 \times d \times (n-1) - 1$$

e, désigne l'épaisseur en millimètres;
d, le diamètre de la courbe sphérique, en mètres;
$(n-1)$, la pression effective en atmosphère.

Ainsi pour $d = 1^m60$ et $n = 5$ atmosphères.
on a $e = (1,1 \times 1^m60 \times 4) - 1 = 6$ millimètres.

Ces chaudières sont placées à peu de distance au-dessus des presses, sur un second plancher supporté, comme le premier, par des colonnes en fonte N′ (fig. 2, pl. 1, et fig. 3, pl. 3). La vapeur que l'on fait arriver dans leur double fond est à la pression de 5 atmosphères, ce qui correspond à une température de 153°. Elle permet donc de chauffer le liquide au degré que l'on juge convenable.

Nous n'avons pas à revenir sur les détails relatifs à l'opération de la défécation proprement dite, parce qu'elle a été suffisamment expliquée (pages 61 et 65 du VIIe volume); mais avant de passer à la méthode de *carbonatation* imaginée par MM. Périer et Possoz et appliquée à la fabrique de Barberie, nous devons rappeler le procédé de MM. Rousseau frères, proposé en 1848, et appliqué depuis cette époque, dans un grand nombre de sucreries indigènes et coloniales, par la maison Cail et Ce.

PROCÉDÉ ROUSSEAU. — Par ce système, la défécation du jus s'opère toujours bien dans les chaudières à double fond N, mais on emploie une plus grande quantité de chaux; celle-ci est en effet assez considérable pour agir sur les substances étrangères au sucre et pour former un sucrate de chaux.

On compte environ 25 kilogrammes de chaux pour 1,000 litres de jus. Cette proportion, suivant M. Payen, est un peu plus faible au commencement de la campagne, et plus forte, au contraire, vers la fin, lorsque les betteraves ont subi quelques altérations. La chaux, préalablement hydratée et délayée dans 5 à 6 fois son poids d'eau chaude, est mélangée au jus d'abord chauffé à 60 ou 65 degrés, et dont on élève ensuite la température jusqu'à 92 degrés, sans le porter à l'ébullition.

Le liquide est alors décanté et filtré sur une caisse à double fond, percée de trous et garnie d'une toile plucheuse recouverte d'une couche épaisse de noir en grains; le jus est filtré limpide, mais légèrement jaunâtre. On le fait arriver dans une seconde chaudière à déféquer chauffée par un tube de vapeur, et dans laquelle s'effectue l'élimination de la chaux à l'aide d'un courant d'acide carbonique (1).

Ce gaz est produit dans un four à chaux que l'on charge de charbon de bois et de coke en quantité égale au cinquième environ du poids de la chaux employée à la défécation.

L'acide carbonique, amené dans la chaudière par un tube muni d'une pomme d'arrosoir, traverse en bulles nombreuses le liquide chargé de sucrate de chaux, décompose ce sucrate et donne lieu à un abondant précipité de carbonate calcaire; bientôt la saturation est complète, et

(1) Le n° de décembre 1851 du tome II du *Génie industriel* montre bien l'appareil exécuté par MM. Cail et Cie, pour l'application du procédé de MM. Rousseau, que nous avons été chargé de faire breveter, en 1849, dans tous les pays où l'on fabrique des sucres de canne ou de betterave.

l'excès d'acide carbonique se dégage en partie dans l'air. La viscosité du liquide étant détruite, en même temps que les dernières portions du sucrate sont décomposées, la mousse cesse de se produire; on porte le liquide à l'ébullition pour dégager l'excès d'acide carbonique en totalité. On fait alors couler le liquide trouble sur un filtre ordinaire à noir en grains à l'aide d'un entonnoir; le carbonate de chaux précipité grenu n'empêche pas la filtration.

Le jus sucré, presque incolore, est directement conduit aux chaudières évaporatoires; on pousse rapidement la concentration jusqu'à 30 ou 31 degrés, puis on verse une deuxième fois le sirop sur des filtres à noir en grains.

Le sirop filtré est blanc et limpide; on le soumet à la cuite dans les appareils ordinaires, et l'on obtient un sucre plus abondant de saveur, plus agréable qu'en suivant les méthodes usuelles. On le soumet directement au clairçage, puis à l'égouttage et à la dessiccation.

Les premiers sirops d'égout sont plus fluides et peuvent subir successivement quatre et même cinq cuites en donnant chaque fois des cristaux qui égouttent aisément.

« Cette méthode, dit M. Payen dans son *Traité de Chimie industrielle*, est remarquable par sa facile exécution : elle évite les incrustations calcaires sur les appareils évaporatoires, les clairces plus pures ne se soulèvent plus en mousse et sont plus faciles à évaporer, n'exigent que rarement l'emploi du beurre à la cuite; la quantité de noir décolorant est réduite d'environ un cinquième; la saveur des produits bruts est améliorée; le sucre cristallisé peut être obtenu chaque jour en pains comparables aux sucres raffinés usuels (1). »

PROCÉDÉ DE DOUBLE CARBONATATION, PAR MM. PÉRIER ET POSSOZ.

Cette nouvelle méthode, qui apporte une véritable révolution dans la fabrication du sucre, a été tout récemment l'objet d'un rapport adressé par MM. Morin et Payen à la Société impériale d'agriculture.

Essayé d'abord chez M. Périer, à Flavy-le-Martel, puis appliqué à l'usine de M. Linard, à Auffray (Seine-Inférieure), ce système n'a pas tardé à se perfectionner et à se répandre dans plusieurs fabriques im-

(1) Dès 1838, M. Kulhmann avait, dit M. Payen, proposé l'emploi d'un excès de chaux pour éviter les altérations du jus et mieux épurer le sucre. Il avait obtenu de bons résultats dans des essais de laboratoire, en transformant le sucre en sucrate de chaux et soumettant le jus ainsi déféqué aux procédés usuels d'évaporation. L'auteur comptant sur la stabilité plus grande du sucre uni à la chaux que du sucre libre, éliminait plus tard la chaux par l'acide carbonique, il pensait pouvoir éviter l'emploi du charbon d'os. Mais on n'est pas parvenu, ajoute l'auteur, à obtenir de résultats économiques en grand dans cette direction.



portantes, comme celle de Barberie, et a été l'objet de priviléges dans tous les grands États et à peu près dans toutes les colonies.

Ce qui caractérise nettement ce nouveau procédé, c'est qu'à l'aide de proportions de chaux plus fortes que celles généralement en usage, on parvient à épurer les jus plus complétement qu'on ne l'avait pu faire jusqu'ici, et qu'en éliminant ainsi les matières organiques étrangères on assure une élimination plus complète encore de la chaux elle-même.

Les conséquences heureuses de cette double épuration, dit M. le rapporteur à l'Académie des sciences (Compte rendu du 7 avril 1862), sont mises en évidence par les faits constatés dans de grandes applications; ces faits d'ailleurs sont d'accord avec les expériences de laboratoire entreprises pour les vérifier.

Les jus sucrés, après cette épuration, n'exigent plus pour être convenablement clarifiés, qu'une quantité de noir animal huit ou dix fois moindre que celle généralement employée dans nos sucreries; ces jus se concentrent jusqu'au degré de cuite sans former d'incrustation calcaire sur les parois des chaudières évaporatoires. Les produits cristallins obtenus offrent par leur blancheur, la netteté des angles et des facettes, et par leur transparence, d'utiles garanties de pureté. Les inventeurs se sont d'ailleurs appliqués avec des soins minutieux et une persévérance soutenue, durant les deux dernières campagnes, à diriger les opérations de manière à faire produire à la chaux le maximun d'effet utile sans en exagérer les doses. C'est ainsi qu'ils ont été conduits à graduer méthodiquement l'action de cette base énergique (que l'intervention du sucre rend soluble), à l'aide d'additions successives qui la mettent par degrés en contact avec des jus de plus en plus épurés par les réactions précédentes. Ils en sont venus à prescrire, durant les dernières phases de cette défécation perfectionnée, de verser l'hydrate de chaux en un filet continu.

Nous ne croyons mieux faire, pour donner une idée du nouveau mode d'opérer imaginé par MM. Possoz et Périer, que d'extraire une partie du rapport publié par les deux savants membres de l'Institut qui ont visité les fabriques de Flavy.

Les écumes et les dépôts soutirés, après la défécation, sont réunis dans des sacs en toile pluchеuse de coton, puis graduellement pressés, afin d'en extraire le plus possible du jus liquide et de réserver pour l'engrais des terres, le marc calcaire pressé qui contient les matières albuminoïdes combinées à la chaux, outre les substances minérales et organiques insolubles en suspension dans le jus primitivement trouble.

Le jus limpide provenant du soutirage des chaudières à déféquer N, s'écoule directement dans les chaudières dites de carbonatation (fig. 3 et 4, pl. 3), où il arrive très-chaud, et peut d'ailleurs être réchauffé, sans porter sa température jusqu'à 100° à l'aide du double fond à circulation de vapeur dont ces dernières sont munies.

On ajoute dans ce liquide clair 0, 01 de chaux, et dès que le mélange est opéré, ou commence l'opération qui a pour objet la séparation de la chaux, et

qu'on nomme la *saturation,* en faisant affluer dans le liquide un courant d'acide carbonique gazeux.

Cet acide est obtenu d'une manière assez économique à Flavy, parce qu'on l'emprunte au gaz perdu de la cheminée de l'usine.

A Barberie et ailleurs, le gaz est produit directement, et beaucoup plus économiquement encore et en même temps plus pur, dans un *four à chaux,* en décomposant le carbonate calcaire par la chaleur de la combustion du coke, et en aspirant les produits pour les refouler à volonté et les distribuer dans les jus déféqués.

Nous allons d'abord donner la description de chacun des appareils qui sont employés dans le nouveau procédé de MM. Périer et Possoz, afin d'en faire mieux comprendre ensuite les opérations.

Nous commencerons par l'appareil qui sert à la fabrication de la chaux et de l'acide carbonique, puis nous décrirons les chaudières de carbonatation et leurs accessoires.

FOUR A CHAUX. — Ce four est représenté en coupe verticale sur la fig. 19, pl. 3, et en coupe horizontale, faite à la hauteur des foyers, sur la fig. 20 ; construit sur de grandes dimensions, puisqu'il n'a pas moins de 1^{m} 50 de diamètre à sa base et 5^{m} 75 de hauteur, il est alimenté par trois foyers placés à égale distance, aux sommets d'un triangle équilatéral, immédiatement au-dessous du ventre dans lequel ils débouchent.

Tout le corps extérieur P est en briques ordinaires et enveloppé de cercles en fer; les parois intérieures sont en briques réfractaires sur une épaisseur de 0^{m} 22 dans toute la hauteur.

Les grilles *d* des foyers ont 0^{m} 620 de longueur sur 0^{m} 40 de largeur, et sont précédées d'une table en fonte de 0^{m} 30. Entre les foyers sont ménagées de larges ouvertures *e*, qui permettent de sortir la chaux et qui, pendant le travail, sont fermées hermétiquement par des portes en fonte dressées comme celle des foyers. On chauffe avec du bon coke ou de la houille pure ; on a le soin d'éviter l'emploi de combustibles sulfureux, parce que le soufre, en brûlant, produirait, par sa combinaison avec la chaux, du sulfate de chaux qui formerait des incrustations dans les chaudières d'évaporation.

On charge le four par la partie supérieure, qui est surmontée d'une coupole en fonte *f*, dans laquelle se trouve une trémie en tôle que l'on ferme hermétiquement par un couvercle de même métal, reposant sur un siége garni d'une couche d'eau.

On a aussi le soin de mélanger, dans le chargement du four, une certaine quantité de coke ou de charbon de bois à la pierre calcaire, qui a dû être choisie de manière à ne pas contenir de matières argileuses, afin de ne pas dissoudre dans le jus des matières incrustantes. Il convient aussi, pour produire la chaux bien cuite et l'acide carbonique d'une manière régulière, de charger la pierre calcaire et de décharger la chaux par

petites portions et assez fréquemment, soit par exemple toutes les deux ou trois heures.

On estime qu'il faut 5 mètres cubes de pierre calcaire pour produire 4 mètres cubes de chaux par jour. La dépense est d'environ 18 hectolitres de coke non lavé pour le service du foyer, et 8 hectolitres de coke lavé mélangé avec la pierre dans l'intérieur du four. A Barberie, on défourne la chaux quatre fois par jour et on en retire chaque fois à peu près 1 mètre cube représentant la matière sur une hauteur de 1m50.

Le gaz, au fur et à mesure qu'il se dégage, arrive à la partie supérieure de l'appareil et sort par le tuyau *g*, qui l'amène à la base d'un laveur Q (fig. 3), où il doit se refroidir et s'épurer avant d'être employé.

Laveur de gaz. — Ce laveur, représenté en coupe verticale (fig. 21), se compose d'un grand récipient cylindrique Q, en fonte, hermétiquement fermé, séparé intérieurement par plusieurs diaphragmes horizontaux *h*, percé de petits trous de 8 millimètres de diamètre et espacés de 5 centimètres. Un courant d'eau est amené par le tube à robinet *i*, qui communique avec un réservoir élevé dans le premier compartiment supérieur, et descend successivement d'un compartiment à l'autre par les tubulures *j*, *j'* et j^2, qui forment trop-pleins, c'est-à-dire qu'elles sont disposées de manière à ne laisser séjourner sur chaque diaphragme qu'une mince nappe d'eau.

Le tuyau *g* pénètre dans l'intérieur du récipient par un bout percé et conduit l'acide carbonique dans le compartiment inférieur, où le gaz reçoit un premier lavage par couche d'eau qu'il traverse, et, s'élevant successivement dans le deuxième, puis dans le troisième et quatrième compartiment qu'il traverse de même, ce gaz arrive ainsi à la partie supérieure du vase en traversant trois autres couches d'eau, et en recevant par conséquent autant de lavages successifs.

L'eau, chargée de gaz condensables, de quelques parcelles de cendre et graduellement échauffée par les gaz, sort du vase par un tuyau de trop-plein *k*, contourné en forme de siphon renversé.

On porte à 40 litres environ la quantité d'eau froide à 12 degrés qu'il faut dépenser pour laver et refroidir, dans le même temps, 60 mètres cubes de gaz qui arrivent dans le laveur, à la température de 300 degrés, tandis que cette eau en sort à 55 degrés environ.

Le gaz, s'élevant à la tubulure ménagée sur le sommet du laveur, se rend par le gros tuyau en fonte *l*, auquel on a donné le même diamètre qu'à celui d'arrivée *g*, dans la colonne verticale R (fig. 1 et 3) disposée avec des chicanes intérieures qui arrêtent au passage les gouttelettes d'eau et les poussières qu'elles entraînent, et qui trouvent leur issue par un tube latéral. Il parvient ainsi épuré, délivré des corps étrangers (à l'exception des gaz non condensables, tels que l'oxygène et l'azote), au tuyau horizontal *m*, qui doit l'emmener alternativement dans l'eau des chaudières S et S', dites de *carbonatation* (fig. 3 et 4).

Faisons remarquer toutefois que l'acide carbonique étant plus lourd que l'air atmosphérique, ne pourrait arriver directement dans ces chaudières; il faut l'y forcer nécessairement au moyen d'une pompe aspirante et foulante.

POMPE ASPIRANTE ET FOULANTE. — Cette pompe est un cylindre soufflant T (fig. 1, pl. 1) actionné par une machine à vapeur. Elle est disposée comme une soufflerie ordinaire à vent, c'est-à-dire que le piston renfermé dans le cylindre souffleur, recevant directement son action de celui qui est renfermé dans le cylindre à vapeur, aspire pendant la marche le gaz du laveur par le tuyau m qui vient jusqu'au-dessus du cylindre, et le refoule par le tuyau m' dans le récipient U servant de réservoir. De ce récipient, l'acide carbonique est distribué à la volonté du conducteur des appareils, dans l'une ou l'autre des chaudières à carbonater par la conduite en fonte n (fig. 4) prolongée au-dessus, et qui est munie de plusieurs tubulures à robinets placées en regard de chacune de ces chaudières.

Le moteur à vapeur L est de la force nominale de 12 chevaux : il est aussi horizontal comme la première machine à côté de laquelle il est placé et qui commande les râpes et les presses. Il n'en diffère, en effet, que par l'addition de la pompe aspirante et foulante disposée dans le prolongement du cylindre à vapeur.

CHAUDIÈRES A CARBONATER. — Ces chaudières, au nombre de six, dont trois pour la première, et les trois autres pour la deuxième carbonatation, sont placées sur une même ligne perpendiculaire à celle des chaudières à déféquer, et à un étage inférieur de ces dernières. Elles se composent chacune, comme le montre le détail en coupe fig. 22, pl. 3, d'une bassine en tôle S, de forme cylindrique à fond bombé, d'une contenance de 10 hectolitres environ. Leur diamètre est de 1m80 sur 1 mètre de hauteur, et l'épaisseur de la tôle est de 5 millimètres environ. Un tuyau contourné en serpentin o, mis en communication avec le générateur à vapeur et muni d'un robinet, permet de chauffer le liquide à la température convenable, tandis que la branche bifurquée du tuyau n, qui vient déboucher au centre de la chaudière, y amène le gaz carbonique, lequel se distribue dans toute la masse liquide en traversant les nombreux petits trous des diaphragmes p, superposés au-dessus du fond bombé. Une grosse tubulure à robinet q est appliquée à la base de chaque chaudière pour conduire le jus et le carbonate de chaux dans des bacs ou bassins séparés V et V', de forme rectangulaire, disposés en contre-bas. Chacun de ces derniers renferme un tube décanteur r^4, qui s'élève jusqu'à la partie supérieure où il est muni d'un flotteur et se termine par un robinet pour tirer le jus éclairci.

Les trois premiers vases V reçoivent ainsi les produits de la première carbonatation, et le liquide qui s'y décante se verse par le robinet du tube r^4 dans la gouttière s^4 (fig. 4), tandis que les dépôts sont évacués par

la soupape de vidange t^4 rapportée au fond de chaque bac (fig. 22), et sont alternativement conduits dans l'un des récipients carrés X, placés au rez-de-chaussée, et où ces dépôts reçoivent un barbotage de vapeur qui les lave et les réchauffe. Le carbonate de chaux étant bien déposé, on tire de ces vases les eaux de lavage par des tubes décanteurs, qui y sont appliqués de la même manière qu'aux bassins V, et le dépôt de carbonate est envoyé par un monte-jus M' au bac à écumes Y', situé à l'étage supérieur.

Ce bac est muni de robinets pour distribuer le mélange dans des sacs que l'on a le soin de mettre égoutter au-dessus des réservoirs Y' avant de passer aux *presses* dites *à écumes* P', à la pression desquelles on doit les soumettre avec les écumes. Ces presses, d'une construction très-simple et très-économique, ne sont autres que des presses à vis ordinaires que l'on manœuvre à l'aide d'un levier à la main. Mais on a proposé, depuis peu, de les remplacer par un nouveau système qui évite l'emploi des sacs, et que nous décrirons plus loin.

La gouttière s^4 amène les jus décantés de la première carbonatation, ainsi que le lavage des dépôts, dans les trois *débourbeurs* X, qui sont remplis d'une couche d'environ 20 centimètres de vieux noir, afin de n'envoyer à la 2e carbonatation que des jus entièrement privés de tous dépôt coloré. Ces filtres débourbeurs sont des caisses rectangulaires en tôle de 5 millimètres d'épaisseur.

Le liquide éclairci sortant de ces débourbeurs s'écoule dans le monte-jus M^2, qui le fait remonter jusqu'au réservoir Z, lequel doit servir à alimenter la seconde série des chaudières à carbonater S'.

Celles-ci sont exactement construites comme les premières, et munies de même, chacune, d'un serpentin à vapeur et de diaphragmes percés de petits trous. Elles sont aussi accompagnées de bacs rectangulaires V' pour y déverser par leur tubulure à robinet les produits de la 2e carbonatation; à ces bassins sont également appliqués des tubes de décantation et des soupapes de vidange. Les dépôts qui en sortent se rendent avec ceux de la première carbonatation, alternativement dans l'un des trois récipients X.

Les jus éclaircis de cette deuxième carbonatation sont envoyés par le tuyau à robinet u^4 dans les filtres à noir A^2, rangés au nombre de six sur une même ligne au rez-de-chaussée. Ces filtres sont analogues à ceux du système Taylor, que nous avons décrits et dessinés avec plusieurs autres dans le VIe volume (pl. 21, page 271). Ils sont en tôle et cylindriques de 1m de diamètre, leur hauteur est de 2m50, et l'épaisseur de la tôle de 5 millimètres.

Les constructeurs ont eu le soin d'établir, au-dessus des appareils de carbonatation, une grande et large hotte H' (fig. 2 et 3), surmontée de plusieurs cheminées d'appel, pour conduire au dehors les gaz et vapeurs qui se dégagent, pendant le travail, des chaudières découvertes.

Un réservoir double Y^2 (fig. 4) est placé près de ceux Y′, pour recevoir les jus qui proviennent des presses à écumes, et qui sont filtrés avant d'être envoyés dans les premières chaudières de carbonatation S.

Une chaudière S^2, de mêmes dimensions que celles-ci, et placée sur le prolongement à la même hauteur, est destinée à réchauffer les sirops à 25°, avant de les filtrer; elle renferme aussi à cet effet un serpentin à vapeur. Les sirops qui en sortent, après avoir acquis cette température, se rendent dans le récipient V^2 qui se trouve sur le même plan que les bacs de décantation, et qui alimente directement les filtres à noir A^2.

Les jus filtrés sont élevés dans un réservoir pour de là être envoyés d'abord aux appareils à triple effet, puis aux chaudières de cuite, comme nous le ferons voir plus loin. Il nous parait utile avant de continuer, de montrer comment s'effectue cette opération de la double carbonatation qui a été parfaitement expliquée par M. Payen, dans le rapport à la Société d'Agriculture, et dans celui publié au compte rendu de l'Académie des sciences. Ce dernier est justement relatif à l'installation de l'usine de Barberie.

DOUBLE CARBONATATION.

Première carbonatation. — Le jus déféqué et clarifié, s'il y a lieu, est décanté dans les premières chaudières S, où l'on fait arriver, comme on l'a dit plus haut, l'acide carbonique lavé et refroidi au-dessous de 60°.

Ce gaz, traversant ainsi un jus qui contient environ 2 millièmes de chaux dissoute, détermine la précipitation du carbonate chargé de matières colorées; à mesure que cette précipitation a lieu, on fait écouler du lait de chaux semblable au premier en un filet continu. La chaux se trouve ainsi successivement et alternativement dissoute dans le jus, puis précipitée par l'acide carbonique, *épuisant* par degrés le liquide des substances étrangères colorées, de telle sorte que les dernières portions du précipité calcaire sont bien moins brunes que les premières.

Les doses de chaux à employer pendant cette première carbonatation varient suivant la qualité des betteraves; les meilleures racines donnent un jus qui n'exige pas au delà de 2 à 8 millièmes de chaux, tandis que plus généralement il convient d'en employer 10 à 15 millièmes. En tout cas, on doit arrêter l'introduction de l'acide carbonique lorsque le jus contient encore 1 à 2 millièmes de chaux dissoute.

Ce terme de la carbonatation peut se reconnaître au rapide éclaircissement d'un échantillon du jus qu'on laisse reposer un instant, mais on le constate mieux encore en mêlant une petite quantité de ce jus trouble avec un égal volume d'une solution de protochlorure de fer d'une densité de 1003,5 pour la température de + 15° et vérifiant si une goutte de ce mélange, mise en contact avec une goutte de prussiate rouge de potasse (cyanoferride de potassium) contenant 0,001 de ce sel, produit une coloration bleue; si cette coloration ne se manifestait pas, on devrait faire continuer quelques instants encore le barbottage du gaz acide carbonique. Dès que le jus est carbonaté au point convenable, sa

température étant de + 60° à 70°, on le fait écouler dans les bassins, où on laisse déposer rapidement le carbonate de chaux qu'il tenait en suspension.

Deuxième carbonatation. — Au bout de quinze à vingt minutes, le jus étant éclairci, on le décante dans les chaudières S' qui sont semblables aux précédentes, et qui reçoivent chacune 10 hectolitres de ce jus, on y dirige alors un courant d'acide carbonique de façon à précipiter au moins en partie la chaux restée en solution. On y ajoute alors 1 millième de chaux; celle-ci, dissoute à l'instant, est bientôt précipitée à l'état de carbonate par l'acide carbonique qui, cette fois, doit être injectée en excès. On s'en assure d'ailleurs en constatant que quelques gouttes de ce jus filtré troublent l'eau de chaux, ou plus facilement encore, et par une réaction plus distinctement visible à la lumière des ateliers, et qui d'ailleurs n'exige pas une filtration préalable, en mélangeant à volumes égaux une petite quantité de ce jus non filtré avec la solution de protochlorure de fer à 1003,5 de densité, préalablement étendue de 7 volumes d'eau, bleui par le prussiate rouge.

Ces doses peuvent varier suivant les proportions de potasse ou de soude contenues dans les betteraves; on les vérifie en s'assurant qu'elles coïncident avec le trouble que produit l'eau de chaux dans le jus filtré. Au surplus, lorsque les liqueurs titrées ont été soigneusement préparées d'avance, les essais se font avec une si grande facilité, que des enfants peuvent les exécuter très-rapidement et sans hésiter sur leurs indications.

Aussitôt que la deuxième carbonatation est achevée, on porte à l'ébullition afin de chasser l'excès d'acide carbonique, et on verse tout le liquide dans les bassins ou bacs à repos V'. Au bout de vingt à trente minutes, le dépôt étant complétement effectué, on fait écouler le liquide clair directement sur les filtres chargés de noir animal en grains, neuf ou révivifié.

On a pu voir plus haut que les constructeurs ont appliqué, à Barberie, six filtres Taylor de grandes dimensions qui peuvent contenir 18 à 20 hectolitres de noir animal en grain, mais on ne les remplit pas. Ce noir, employé neuf ou révivifié, est renouvelé, à Flavy, après 36 heures de marche en moyenne, c'est-à-dire qu'il sert pendant la moitié de ce temps pour les sirops à 25 degrés, et ensuite pendant l'autre moitié pour les jus qui déplacent le sirop, se décolorent et s'épurent à leur tour.

Selon M. Payen, six filtres semblables, chargés de 15 hectolitres de noir, suffisent pour une fabrication correspondante à 1,000 hectolitres par jour. On a constaté, dit-il, que les jus ainsi carbonatés sont beaucoup plus faciles à évaporer et à concentrer que ceux du procédé où l'on n'employait qu'une seule carbonatation.

Remarque. — Nous avons figuré sur le plan (fig. 4, pl. 3), des vases ou bacs circulaires B^2 qui sont destinés à éteindre la chaux, et un récipient de même forme C^2, contenant la chaux délayée et passée à travers un tamis grossier pour retenir les pierres.

On y voit aussi les réservoirs D^2, munis d'un tube de distribution *v* pour conduire aux chaudières à déféquer et à carbonater le lait de

chaux, que l'on a préalablement fait passer à travers l'espèce de bluterie cylindrique E^2, où il s'est tamisé.

ÉVAPORATION DES JUS SUCRÉS.

Les jus filtrés reçus d'abord au fur et à mesure qu'ils sortent des filtres, dans un bac carré G^2, sont élevés de celui-ci par un quatrième monte-jus M^3 dans un réservoir F^2 (fig. 4), placé près de la chaudière à vapeur S^2 qui, comme nous l'avons dit plus haut, sert à réchauffer les sirops à 25°, ce réservoir est destiné à alimenter la chaudière d'évaporation, *chaudière* dite à *triple effet,* que nous avons publiée avec détail dans le IXe volume de ce Recueil, et dont la construction a été notablement perfectionnée par la maison Cail et Cie.

CHAUDIÈRE A TRIPLE EFFET. — Elle se compose de trois corps cylindriques verticaux H, de 1m 48 de diamètre intérieur, sur environ 2m 50 de hauteur entre les brides, et 3m 20 de hauteur totale, y compris les fonds. Ils sont en fonte de 22 millimètres d'épaisseur, et les couvercles qui forment les fonds proprement dits sont également en fonte d'une épaisseur de 30 millimètres.

Chaque cylindre est rempli de tubes en cuivre qui s'élèvent de la base jusque vers la moitié de la hauteur; et il est entouré extérieurement d'une enveloppe en bois pour éviter le refroidissement par le contact de l'air.

Les tubes au nombre de 380 dans chaque cylindre, ont 0m 05 de diamètre extérieur et 1m 30 de hauteur, ils présentent ainsi en totalité une surface de chauffe d'environ 232 mètres carrés; on a en effet:

$$0^{m}05 \times 3{,}1416 \times 1^{m}30 = 0^{m.q.}204 \text{ pour chaque tube;}$$

par conséquent, pour 380 tubes :

$$0{,}204 \times 380 = 77^{m.q.}52;$$

et, par suite, pour les trois corps cylindriques :

$$77{,}52 \times 3 = 232^{m.q.}66.$$

Ces dernières se communiquent de l'une à l'autre par des tuyaux extérieurs. Le premier reçoit la vapeur d'un ballon ou récipient commun I^2, de 0m 90 de diamètre sur 3m 50 de longueur, et 8 millimètres d'épaisseur, et qui est en communication avec les échappements ou retours des diverses machines motrices, ainsi que des chaudières de défécation et de carbonatation.

Les vapeurs produites par l'ébullition dans le premier corps vont chauffer le jus du second, et toutes celles produites dans celui-ci, chauffent de même les jus contenus dans le troisième. De ce dernier, le jus ayant acquis une densité de 24 à 25 degrés Beaumé, coule dans un monte-

jus M^4 qui l'envoie à la chaudière à réchauffer S^2; pour de là être filtrés à nouveau, et envoyés ensuite aux chaudières de cuite.

Une pompe à air J^2, mue par une machine à vapeur de 8 à 10 chevaux, disposée horizontalement, comme tous les autres moteurs, au rez-de-chaussée, sert à faire le vide dans chacun des trois corps de la chaudière, et les vapeurs sortant du troisième cylindre condensées par une injection d'eau froide dans la colonne condensatrice K^2.

Par suite du vide obtenu, la température d'ébullition des jus est toujours inférieure à 100 degrés, et elle descend à 63 degrés dans le troisième corps de la chaudière.

Comme l'épuration des jus par le procédé de MM. Périer et Possoz est beaucoup plus complète qu'on n'avait pu jusqu'alors l'obtenir en cours de fabrication régulière, elle facilite, dit M. le rapporteur de l'Académie, beaucoup le dégagement de la vapeur, et l'emploi de la chaudière à triple effet opère sous une pression graduellement amoindrie, de telle sorte qu'à mesure que les sirops deviennent plus denses et plus hygroscopique l'ébullition éprouve moins qu'autrefois d'obstacles dans la chaudière. Aussi la consommation de la houille sous les générateurs qui produisent toute la vapeur pour le chauffage et la force mécanique, est-elle réduite à moins de 1 hectolitre pour 100 kilog. de betteraves, tandis qu'il en fallait employer anciennement 2 à 3 hectolitres pour traiter la même quantité de racines dans les sucreries de dimensions ordinaires, opérant sur 50,000 à 150,000 kilogrammes de betteraves en vingt-quatre heures.

On estime qu'avec un seul appareil à triple effet de la dimension adoptée à Barberie, on peut suffire à l'évaporation de tous les jus provenant de 100 à 120 chaudières de défécation, soit de 1700 à 1800 hectolitres ; mais alors tous les échappements ne suffisent pas, on est obligé d'employer de la vapeur directe.

L'appareil à triple effet est appliqué aujourd'hui dans un grand nombre de sucreries, non-seulement en France, mais encore dans les colonies où il procure une économie considérable que l'on estime dans certaines fabriques à près de 50 0/0.

CONCENTRATION DES SIROPS.

Lorsque l'évaporation est arrivée au terme indiqué par la densité que représente 25° Beaumé, le sirop, après avoir été filtré à nouveau, est envoyé aux chaudières L^2, dites *à cuire dans le vide,* qui fonctionnent sous une pression réduite à environ 1/10 d'atmosphère.

Nous avons déjà publié (tome IV et V) des appareils de ce genre, qui sont employés depuis longtemps dans les fabriques et les raffineries de sucre; mais les deux appareils qui ont été montés à Barberie en diffèrent notablement, et s'en distinguent surtout par la disposition particulière

que les constructeurs leur ont donnée pour obtenir ce que l'on appelle la *cuite en grains,* disposition qui a fait le sujet d'un brevet d'invention demandé en France le 22 mai 1860. Nous avons cru devoir reproduire l'une de ces chaudières sur une plus grande échelle, en élévation et en coupe verticale sur les fig. 24 et 25 de la pl. 2.

Chaudière de cuite en grains. — La cuite en grains, disent les auteurs, s'opère en effectuant une première cuisson jusqu'à la consistance de cuite ordinaire, et au lieu de vider le produit de la cuite, on continue l'opération dans la chaudière même par l'introduction successive de petites quantités de sirop en surcharge sur la quantité déjà cuite.

Ces surcharges de sirops nouveaux, par leur différence de température, déterminent dans la chaudière même une cristallisation des sirops précédemment amenés au point de cuisson, puis par leur concentration ils viennent grossir le grain déjà formé; la grosseur du grain devient d'autant plus forte que l'on multiplie davantage les surcharges et que l'on prolonge l'opération.

Dans cette opération, le grain successivement formé, ayant tendance à se précipiter au fond de la chaudière, vient recouvrir les surfaces du serpentin de chauffage, ordinairement placé au fond de la chaudière, et il en résulte que, ces surfaces étant ainsi recouvertes d'une couche de matière, mauvaise conductrice du calorique, l'ébullition des sirops qui surnagent devient difficile.

Pour remédier à cet inconvénient, on place plusieurs serpentins au-dessus de celui qui occupe habituellement le fond de la chaudière.

Ces serpentins superposés sont disposés de façon que la vapeur n'y soit introduite que successivement et au fur et à mesure que le niveau du sirop s'élève dans la chaudière.

Par cette superposition et cette introduction successive de la vapeur dans les serpentins à partir du fond, on évite d'avoir des surfaces chauffées en dehors du liquide et, par conséquent, de produire de la caramélisation sur les bords de ces surfaces.

L'addition de ces serpentins superposés a aussi pour avantage d'augmenter considérablement la surface de chauffe des chaudières et de permettre de faire usage pour les cuites, de vapeur à basse température et notamment d'employer à cet usage la vapeur d'échappement des machines motrices, et celle qui sort avec les retours d'eau des chaudières diverses.

L'usage de la vapeur détendue fait que le sirop ne se trouve en contact qu'avec des surfaces chauffées à 100 ou 110 degrés au lieu de 150, température de la vapeur à la pression de cinq atmosphères, ce qui évite la transformation du sucre cristallisable en sucre incristallisable.

On voit par les figures que cette chaudière, pour le bon marché de la construction, est composée de deux calottes hémisphériques en fonte à rebords plats, réunies par une calandre au corps cylindrique en tôle, au



moyen de cercles ou cornières en fer. Les dimensions en sont considérables, comparativement à celles des appareils exécutés précédemment; ainsi le diamètre intérieur du cylindre est de près de 2 mètres, la hauteur de la calandre = 1m40, et la hauteur totale mesurée extérieurement est de 2m50. L'épaisseur de la tôle qui compose la calandre est de 10 millimètres, et celle des calottes en fonte formant les fonds, de 30 millimètres.

La calotte supérieure est surmontée d'un chapeau à trou d'homme que l'on ferme hermétiquement par un couvercle, et qui permet de s'introduire au besoin dans la chaudière pour en opérer le nettoyage.

Les trois serpentins superposés dans l'intérieur de la chaudière sont en cuivre, de 0m120 de diamètre, et présentent une surface de chauffe totale d'environ 20 mètres carrés.

Le premier, celui inférieur *a*, logé dans le fond, reçoit la vapeur par le robinet extérieur *b*; le second *a'*, placé au-dessus, communique avec le robinet *b'*, et le troisième a^2, qui suit à peu près les parois cylindriques de la chaudière, est en rapport avec le robinet b^2.

Ces trois robinets sont montés sur les tubulures d'un même tuyau *c*, lequel forme deux branches dont l'une, munie du robinet *d*, le met directement en communication avec les générateurs de vapeur, et l'autre, également munie d'un robinet *e*, le fait au contraire communiquer avec les échappements, c'est-à-dire, avec le ballon ou récipient commun I^2 (fig. 1); ce qui permet de réduire notablement la dépense de combustible.

Un manomètre métallique *f* est appliqué sur un point de ce tuyau à deux branches pour indiquer la pression de la vapeur qu'il doit distribuer aux serpentins, pression que l'on est toujours maître de régler à l'aide des deux robinets *d* et *e*, et un baromètre, ou indicateur de vide *g*, est placé sur la calotte supérieure pour marquer le degré de température qui existe à l'intérieur de la chaudière, lorsqu'elle fonctionne.

Une boîte à double soupape *h* est rapportée contre la paroi cylindrique, sur le sommet d'un tuyau qui descend au bac à sirops concentrés et filtrés pour les aspirer quand le vide est fait dans la chaudière, et les y introduire en plus ou moins grande quantité.

Comme tous les appareils à cuire de même genre, chaque chaudière de cuite est accompagnée d'un condenseur et d'une pompe à air actionnée par une machine à vapeur. Elle est aussi munie d'accessoires utiles, tels que le robinet à air *i*, que l'on ouvre quand on veut vider la cuite, le robinet à beurre *j*, et la sonde *k*, qui sert à tirer quelques gouttes de sirop pour juger du degré de la cuite. Plusieurs séries de lunettes en cristal *l* sont appliquées sur des points diamétralement opposés du corps de la chaudière pour permettre de voir tout ce qui se passe à l'intérieur.

Un tuyau *m* est boulonné à la tubulure latérale, ménagée sur le sommet de la calotte supérieure de chaque chaudière, pour conduire les vapeurs au condenseur à colonne O^2 (fig. 1, pl. 1), placé au même

étage et d'où elles sont chassées par la pompe à air montée sur une petite machine spéciale P², de la force de 8 chevaux, fixée, comme la précédente, sur le sol au rez-de-chaussée.

On vide la chaudière au moyen d'une soupape conique extérieure *n*, que l'on ouvre du dehors à l'aide d'un levier à poignée.

Enfin, chacun des serpentins aboutit à des tubes extérieurs servant à conduire au dehors les vapeurs qui s'y condensent.

« C'est dans cette chaudière que se termine la concentration fractionnée, dit M. Payen, poussée d'abord au point où, à la température de + 60 à 65°, la cristallisation du sucre commence à se manifester; on laisse alors, en ouvrant la soupape du tube alimentaire, s'introduire une nouvelle charge de sirop. La concentration continue dans les mêmes conditions, en ajoutant une charge de sirop, chaque fois que la cuite est arrivée au même point. »

Ce système évaporatoire, indépendant du procédé Périer et Possoz, en reçoit cependant un très-utile concours et réalise d'autant mieux sous son influence, les avantages qu'on doit en attendre : en effet, la pureté plus grande du sirop facilite beaucoup la réunion des particules cristallines; celles-ci régulièrement agglomérées forment, au sein du liquide en mouvement, des cristaux isolés les uns des autres et graduellement plus volumineux, prévenant ainsi la sursaturation, qui autrement augmenterait la densité du sirop et la difficulté du dégagement de la vapeur aqueuse.

Lorsque la dernière charge, qui fait emplir la chaudière aux trois quarts de sa capacité totale, est convenablement évaporée, on intercepte la communication avec les pompes à air, on laisse rétablir la pression atmosphérique à l'intérieur de la chaudière, puis, ouvrant la grande soupape du fond *n*, on donne issue au mélange demi-fluide du sirop et des cristaux grenus. La cristallisation s'achève en quelques heures dans des vases peu profonds Q², entre lesquels a été répartie la charge totale.

« La cuite en grains, disent MM. Cail et Cᵉ, fournit, au sortir de la chaudière, des sucres en gros cristaux qui n'ont besoin que d'un turbinage léger pour être débarrassés de leurs sirops et pour être livrés à la consommation.

« Ce procédé procure un rendement plus considérable en sucre cristallisé que la cuite ordinaire *au filet*, et en qualité beaucoup mieux appréciée du commerce. »

ÉGOUTTAGE ET CLAIRÇAGE FORCÉS.

Après la cuite, il ne reste plus qu'à séparer des cristaux le sirop interposé, ce qui s'exécute en quelques instants dans les tambours rotatifs des turbines centrifuges T²; ces tambours, mus avec une vitesse de

1200 tours par minute, lancent le liquide sirupeux au travers d'un tissu métallique, tandis que ce tissu retient les cristaux ; un ou deux clairçages, puis une injection de vapeur globulaire dans le même vase, sans interrompre son mouvement rapide, suffisent pour débarrasser les cristaux de tout liquide coloré adhérent à leur superficie; enfin la dessiccation dans un courant d'air amène le sucre cristallin à un état de blancheur et de pureté qui permettent de le livrer directement à la consommation, après l'avoir économiquement obtenu.

TURBINES CENTRIFUGES. — Les toupies T^2, appelées turbines centrifuges, sont au nombre de quatre, placées au rez-de-chaussée, dans une salle spacieuse, dite de la *purgerie*, où se trouvent les cristallisoirs Q^2 et les bacs à clairce R^2. Dans les premiers, les ouvriers puisent les cristaux de sucre qui y ont séjourné plusieurs heures, et dans les seconds, la clairce nécessaire pour délayer les cristaux. Le mélange est jeté en proportion voulue dans l'appareil qui, comme nous l'avons dit, tourne avec une vitesse considérable; le sirop passe à travers la toile métallique du tambour et le sucre reste à l'intérieur. On clairce d'abord avec du sirop à 25 degrés, puis avec un jet de vapeur.

Les sucres que l'on retire des tambours sont blancs et tout à fait terminés, il ne reste plus qu'à les ensacher.

Nous n'avons rien à dire de la construction de ces appareils centrifuges qui ont été suffisamment décrits dans les volumes précédents. Remarquons seulement qu'ils sont établis sur des fondations solides et que leurs tambours sont commandés par des poulies placées sur l'arbre de couche a^5 qui reçoit son mouvement d'une dernière machine à vapeur L^5, laquelle sert en même temps à faire mouvoir une pompe à eau très-puissante qui fait le service de toute l'usine.

On estime que chaque turbine peut donner 30 sacs de sucre, de chacun 100 kilogrammes, soit 3,000 kilogrammes toutes les 5 ou 6 heures.

Les sucres inférieurs ou bas produits sont amenés dans de larges et profondes citernes C^3 que l'on a construites dans un local séparé, sur le prolongement du bâtiment principal.

Ces citernes, d'une contenance de 80 à 85 mètres cubes chacune, portent les n°s 1 à 4 ; elles sont en briques et à fleur du sol. La première reçoit, par exemple, les sucs provenant de deuxième cuite ou de second jet, la seconde ceux de troisième cuite, etc., et la dernière est destinée aux mélasses.

Pour compléter les documents qui précèdent, nous pensons qu'il est utile de faire connaître les résultats obtenus dans les sucreries où l'on a fait les premières applications des procédés que nous venons de décrire. Nous sommes persuadé qu'on lira, à cet égard, avec beaucoup d'intérêt les extraits des rapports publiés sur cet important sujet.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES.

Résultats obtenus a Flavy et a Auffay.— « A Flavy, les sirops extraits par un premier passage aux appareils à force centrifuge (1) sont cuits directement et mis dans des cristallisoirs de 25 hectolitres, où ils restent huit jours.

Les sucres de deuxième jet qui en proviennent sont soumis à l'égouttage forcé dans les turbines, et les sirops que fournit cette seconde opération sont recuits sans être clarifiés ni filtrés. On en obtient des troisièmes sirops, qui sont versés dans des cristallisoirs de 100 hectolitres de capacité où ils restent 40 jours.

On reprend enfin les sirops qui proviennent de l'égouttage forcé des sucres de ces troisièmes sirops, on les recuit et on les verse dans des citernes de 1,000 hectolitres, où ils restent 4 à 5 mois à cristalliser.

Les étuves des cristallisoirs de premier et de second jet sont maintenus à une température de 35 ou 36 degrés centésimaux.

Les sucres de deuxième et de troisième jet, après avoir subi l'égouttage forcé dans la turbine, sont refondus de manière à donner un sirop à 25 degrés, recuit avec les jus à 25 degrés du premier jet, afin de ne tirer de tous ces sirops que des sucres de premier jet.

Quant aux sirops de quatrième jet, ils donnent des sucres bruns qui sont vendus pour l'exportation en Angleterre, où ils sont employés à la fabrication des alcools.

Dans l'opération de l'égouttage à la turbine, les sucres reçoivent une clairce à 37 degrés Beaumé, faite avec du sucre de premier jet. L'opération à la turbine dure 8 à 10 minutes pour une charge de 20 kilogr., et ne se fait qu'une fois pour une même charge de sucre.

Les sucres de cette fabrication peuvent être livrés à Paris, droits et transports compris, à 120 fr. les 100 kilogr. Il y a 33 fr. de droits et 2 fr. de transport (2).

Ce sont des sucres blancs pulvérulents, acceptés déjà par un grand nombre de personnes pour entrer dans la consommation directe.

Dans l'usine d'Auffay, dirigée par M. Linard, les dernières opérations se font d'après le système de cristallisation en chaudières.

C'est, en effet, par des charges successives dans la chaudière à cuire, et sans interruption du vide ni du chauffage, que l'on effectue la con-

(1) Rapport de MM. Morin et Payen, sur les sucreries de Flavy et d'Auffay. (Extrait des Annales du Conservatoire des Arts et Métiers, tome 1er).

(2) Ce n'est pas encore, disent les rapporteurs, la limite du bon marché où le prix de ces sucres pourra descendre, car le but des installations nouvelles, qui se complètent ou se préparent, est d'obtenir de semblables produits à 70 fr., afin de les livrer aux consommateurs à 100 fr. les 100 kilog., droits compris.

centration des sirops. Lorsque celle-ci est arrivée au point de saturation pour la température de la masse liquide (45 à 50 degrés du thermomètre centigrade), la cristallisation commence; elle continue pendant l'évaporation, et produit cet effet remarquable que, sous une égale pression, la température de l'ébullition est moins élevée que pour les sirops qui demeurent en totalité liquides pendant la concentration. Ce phénomène est d'ailleurs facile à expliquer en tenant compte de la présence, dans le premier cas, des nombreux centres d'attraction des particules cristallines qui, fixant sans aucun délai ces particules, s'opposent aux effets de la sursaturation du sirop, sursaturation qui, dans les cuites ordinaires, augmente toujours la densité et élève d'autant la température du liquide.

Un autre avantage de cette méthode est de fournir des sucres en cristaux grenus, transparents, à facettes et angles bien prononcés, très-faciles à égoutter dans les turbines, offrant d'ailleurs des garanties de pureté en raison même de leurs formes cristallines, discernables à l'œil nu, et qui ne permettraient pas d'effectuer des mélanges inaperçus de substances étrangères amorphes ou opaques.

Les sucres en grains préparés ainsi commencent à se répandre dans la consommation : de pareils produits, sortis du premier jet de nos usines agricoles et consommables directement, sont de nature à réaliser, mieux encore que les sucres étrangers, les vues philanthropiques du gouvernement, et très-dignes de sa haute protection, car ils tendent à populariser dans les campagnes un aliment agréable éminemment salubre ; ils pourront concourir à élever le niveau du bien-être des populations et de l'hygiène publique. »

Expériences faites devant une commission de l'Institut.—MM. Périer et Possoz, désirant faire des essais comparatifs sur le jus de betterave traité par leur méthode, ont opéré, le 19 février dernier, en présence de MM. Dumas, Pelouze et Payen.

Voici un compte rendu succinct de ces expériences comparatives, exposé à l'Académie des sciences le 13 juillet par le rapporteur, M. Payen :

On pèse 7 kilog. de betteraves blanches (un peu altérées) variété à collets verts et roses. Elles fournissent, par le râpage et la pression, 5250 grammes de jus ayant une densité de 1040.

Ce jus chauffé à + 70 degrés est déféqué avec 0,006 de chaux, en chauffant jusqu'à la première apparence d'ébullition; le liquide alors filtré est limpide, mais offre une teinte brun orangé rougeâtre.

Comme point de départ, et pour se ménager un terme de comparaison, 1500 grammes de ce jus sont traités par 0,001 de chaux, puis par l'acide carbonique en excès; on chauffe à l'ébullition et l'on filtre. 1000 grammes de liquide clair sont évaporés jusqu'à ce que la température d'ébullition s'élève à + 115 degrés : le sirop ainsi obtenu est brun, trouble et visqueux; on le verse dans un

verre conique en y ajoutant 1 gramme de menus cristaux de sucre, afin d'établir des centres d'attraction cristalline (1).

2500 grammes du même jus, pris après la défécation des 5250 grammes, reçoivent 0,0015 de chaux par petites doses au fur et à mesure que la saturation par l'acide carbonique s'accomplit, en laissant à la fin dominer un excès de chaux représentant 0,003. On s'en assure en mélangeant 3 centimètres cubes d'une solution titrée de protochlorure de fer avec 1 volume du jus, mélange qui produit en effet une tache verte lorsqu'une goutte du liquide surnageant est mise en contact avec une goutte d'une solution faible de prussiate rouge de potasse. On filtre alors tout le jus, puis on y ajoute par petites doses 0,004 de chaux en injectant en même temps 1 volume suffisant d'acide carbonique, pour que cet acide s'y trouve en excès ; ce qu'on reconnaît sans peine au moment où l'eau de chaux précipite une petite quantité du liquide filtré.

On porte alors le jus ainsi traité à l'ébullition, soutenue quelques instants, afin d'éliminer l'excès d'acide carbonique ; on filtre alors et l'on constate que le liquide clair ne renferme plus de quantités appréciables de chaux, car il ne se trouble pas immédiatement par l'oxalate d'ammoniaque.

Ce jus sucré limpide, exempt de chaux et mieux épuré de substances organiques étrangères que par les autres moyens usuels, fut traité comparativement de deux manières : 1000 grammes évaporés rapidement, jusqu'à ce que la température de l'ébullition s'élevât à + 115 degrés, donnèrent un sirop fluide beaucoup moins coloré que celui de la première opération ; on le versa dans un verre en y ajoutant 1 gramme de sucre pour amorcer la cristallisation.

L'autre quantité de 1000 grammes de jus limpide fut neutralisée aux 0,8 par une solution aqueuse à 0,03 d'acide sulfureux, dont on a employé 15 centimètres cubes pour transformer en sulfites la plus grande partie des carbonates alcalins (de potasse, de soude et d'ammoniaque). L'évaporation rapide, jusqu'au terme de cuite (ou correspondant à la température de 115 degrés), donna un sirop plus fluide encore et moins coloré que le sirop de l'opération précédente ; il fut de même versé dans un verre avec 1 gramme de sucre pour rendre plus facile la cristallisation.

Les trois masses cristallines produites par ces trois opérations offrirent des caractères en rapport avec ceux de chacun des sirops, car elles étaient graduellement plus abondantes et moins colorées.

La commission a déduit de ces trois expériences des conclusions suivantes, qu'elle regarde comme en parfaite concordance avec les faits nombreux constatés dans les applications en grand.

Le produit de la première opération correspondante au traitement des jus par la défécation ordinaire, qui enlève les matières azotées et pectiques coagulables par la chaux, et à une épuration incomplète par une dose insuffisante de chaux et une seule saturation à l'aide de l'acide carbonique, contenant encore une forte préparation de substances organiques étrangères colorées et colorables,

(1) En opérant sur 400 grammes de jus *carbonaté* filtré, on a reconnu qu'il contenait par litre l'équivalent de 0,gr.8 de chaux non précipitable dans ces circonstances par l'acide carbonique, retenu par des matières organiques étrangères au sucre et colorées. Ces procédés peuvent être composés presque complètement par des additions en doses suffisantes de chaux et d'acide carbonique.

unies sans doute aux 0,0008 de chaux non précipitable par l'acide carbonique dans ces conditions.

Dans la deuxième opération, les effets utiles de deux additions de chaux, précipitée par l'acide carbonique, partiellement d'abord, puis totalement ensuite, ont été rendus évidents par l'élimination plus complète des matières étrangères colorées et de la chaux, dont les réactifs, effectivement, n'accusaient plus la présence.

Si l'on considère que sous l'influence d'un léger excès de chaux, le précipité de carbonate entraîne avec lui ces matières en se colorant lui-même graduellement, moins à mesure que l'opération s'avance, on sera porté à reconnaître avec M. Chevreul que le carbonate de chaux, à l'état naissant au sein du liquide, fixe par voie d'attraction capillaire ces matières organiques en formant une sorte de laque; qu'en outre l'alcalinité de l'eau favorise la fixation de l'oxygène atmosphérique sur certaines substances organiques, et par conséquent leur altération, qu'enfin les additions successives de chaux et d'acide carbonique peuvent en partie prévenir cette altération spéciale.

Les mêmes phénomènes et de semblables résultats se sont d'ailleurs reproduits dans une seconde série d'expériences faites en présence de M. Chevreul.

Il est tout simple d'admettre que le liquide sucré étant débarrassé des matières étrangères, la dernière addition de chaux soit entièrement précipitée, avec ce qui reste de chaux dans le liquide, par l'excès d'acide carbonique qui ne rencontre plus alors les mêmes obstacles à son action.

Dans la troisième opération on avait poussé plus loin les réactions favorables en saturant par l'acide sulfureux (après élimination complète de la chaux) les 0,8 des carbonates alcalins, en vue d'éviter les effets ordinaires des réactions alcalines qui produisent des colorations brunes en présence des traces de glucose et de plusieurs substances organiques facilement altérables.

Dans la pratique en grand on parvient très-aisément aujourd'hui à saturer les 0,8 des carbonates alcalins : il suffit pour cela de saturer complétement, par exemple, 8 hectolitres de jus sur 10, puis d'y mélanger ensuite les 2 hectolitres mis en réserve.

Par l'effet même de la décoloration qu'ils produisent, les sulfites alcalins se changent en sulfates; mais il pourrait rester des sulfites non transformés qui communiqueraient aux sucres un goût désagréable; les inventeurs évitent cet inconvénient en effectuant la saturation avec un mélange d'acide sulfurique et d'acide sulfureux; la proportion des sulfites produits se trouve par là réduite d'autant, et l'inconvénient disparaît.

Le mode de saturation précité constituerait peut-être un procédé nouveau si, conformément à une description donnée par MM. Périer et Possoz, on l'appliquait au jus de betterave filtré, après une seule saturation de la chaux par l'acide carbonique en excès. Dans ce cas, les opérations se trouveraient simplifiées, et les ustensiles nécessaires moins nombreux. Il pourrait être intéressant de comparer ce procédé avec ceux dont nous avons vérifié expérimentalement les résultats.

En tout cas, après l'épuration et la saturation des jus, il ne reste qu'à les évaporer dans les appareils tubulaires à triple effet, où aucune incrustation calcaire n'est plus à craindre. Lorsque la concentration arrive à 25 ou 26 degrés

Beaumé, on filtre sur le noir animal, dont la dose est réduite des trois quarts; enfin, on termine l'opération au degré de cuite dans une chaudière close, où la pression atmosphérique peut être réduite à volonté au dixième de la pression normale.

Les perfectionnements introduits dans les sucreries de betteraves par les procédés de MM. Périer et Possoz, signalés par leurs diverses communications, depuis l'époque où ce premier rapport fut présenté à l'Académie, ne sont plus à l'état d'essai ; ils sont déjà adoptés dans un grand nombre d'usines de France.

GÉNÉRATEURS. — ALIMENTATION. — POMPES.

RÉVIVIFICATION DU NOIR.

Chaudières a vapeur. — Pour alimenter les divers appareils que nous venons de passer en revue, et les machines qui doivent actionner les outils nécessaires, il faut évidemment produire une grande quantité de vapeur. A l'usine de Barberie, les constructeurs n'ont pas craint d'installer dans ce but trois grands générateurs qui présentent chacun près de 120 mètres carrés de surface de chauffe.

Ces générateurs représentés en G^3 sur le plan général (fig. 1, pl. 1) sont du système tubulaire, exactement comme les chaudières des locomotives, avec grand foyer précédant les tubes. Leurs dimensions extérieures sont : 8 mètres de longueur sur 1^m30 de diamètre. Ils contiennent chacun 103 tubes de fer de 5 mètres de longueur et 0^m07 de diamètre extérieur. La longueur extérieure du foyer est de 1^m85 et la surface de chauffe, estimée à $1^{m.q.}30$ par cheval, correspond, en y comprenant celle des tubes, à une puissance effective de 90 chevaux.

On nettoie leurs tubes d'une manière très-simple, en y projetant un jet de vapeur à haute pression, à l'aide d'un tuyau en caoutchouc que l'on passe successivement de l'un à l'autre environ toutes les 12 heures. Cette méthode a permis de répandre beaucoup plus l'emploi des chaudières tubulaires, que l'on n'osait pas appliquer jusque-là aux machines fixes, à cause de la difficulté des nettoyages.

Les trois générateurs se communiquent naturellement par un gros tuyau commun qui sert de prise de vapeur, et les fumées de leurs fourneaux se réunissent dans un seul et même canal que l'on a prolongé sous terre, jusqu'à la grande cheminée d'appel placée derrière et en dehors des bâtiments de l'usine.

On porte à 100 au 110 hectolitres au plus, soit 8 à 9,000 kilogrammes la quantité de charbon nécessaire pour le service de toute l'usine, lorsqu'elle travaille 1,400 hectolitres de jus en 24 heures, ce qui, comme on le voit, est une faible dépense comparativement à la puissance totale

produite qui s'élève à près de 100 chevaux, et à l'énorme quantité de vapeur engendrée.

Pompe alimentaire. — Les générateurs sont alimentés par une grosse pompe foulante, mise en activité par une petite machine spéciale de la force de trois chevaux, analogue à ces appareils d'alimentation connus sous le nom de *petit cheval* dans les navires à vapeur.

Pour ne pas envoyer de l'eau froide dans les chaudières, cette pompe, au lieu de puiser dans un réservoir, s'alimente directement des retours d'eau qui proviennent de toutes les condensations des divers appareils et qui se réunissent dans un récipient cylindrique que l'on a disposé à cet effet auprès du petit cheval vapeur. Ce réservoir, appelé *bouteille d'alimentation*, est timbré à 5 atmosphères. Son diamètre extérieur est de 0m90, et sa longueur = 2m60, l'épaisseur de la tôle qui le compose est de 10 millimètres.

Pompe a eau froide. — La quantité d'eau à fournir dans un établissement comme celui de Barberie est très-considérable, aussi a-t-on eu le soin d'y percer un large puits L^6, dont l'ouverture n'a pas moins de 2m50 de diamètre, et d'y appliquer trois corps de pompe qui, placés sur une forte traverse en fonte, aspirent par un tuyau unique de 0m150, muni d'une partie renflée de 0m400 de diamètre sur deux mètres de hauteur.

Les pistons de ces trois pompes sont reliés à des tiges verticales, qui reçoivent leur mouvement rectiligne alternatif d'un arbre coudé à trois manivelles, disposées suivant les angles d'un triangle équilatéral. Leur diamètre est de 0m240, et leur course de 0m600; de sorte que le volume d'eau engendré par chacun d'eux, est de

$$3,14 \times 0,12^2 \times 0,60 = 0^{m.c.}027.$$

Si on admet qu'ils donnent seulement 12 coups doubles par minute, on voit que les pompes sont capables de fournir théoriquement

$$27 \times 3 \times 12 = 972 \text{ litres par minute}$$

avec un rendement de 80 à 85 pour 100, c'est environ 45 à 50 mètres cubes d'eau par heure.

L'arbre de couche prend sa commande de la machine à vapeur L^5 par une roue droite à denture de bois, de 2m20 de diamètre, et qui engrène avec un pignon de fonte, de 0m55, monté sur l'arbre moteur.

Toute l'eau aspirée par la pompe est envoyée dans un grand bassin en bois garni de plomb, supporté au-dessus de la toiture du bâtiment, afin de présenter une pression suffisante pour de là alimenter les laveurs, les râpes et tous les appareils qui ont besoin d'eau.

Appareils a noir. — Le même arbre de couche a^5, se prolonge dans le magasin à noir, pour commander, par une paire de roues d'angle, un dernier arbre a^6, particulièrement destiné à faire mouvoir un *laveur*

cylindrique à palettes, et au besoin quelques outils. Cet appareil, d'une construction très-simple, sert exclusivement au lavage des noirs.

Dans la même salle se trouvent aussi, d'une part, les fours de révivification, système continu, et de l'autre, de grands réservoirs ou citernes qui reçoivent le noir sortant des filtres, et dans lesquelles il doit rester quelques jours. Pendant ce séjour, on y verse habituellement un peu d'acide muriatique, on le lave ensuite, puis on le passe à la vapeur dans une sorte de filtre d'os et on le révivifie.

Nous avons publié dans le quatrième volume les principaux appareils en usage pour révivifier le noir, et en particulier celui de MM. Thomas et Laurens qui opèrent, comme on sait, au moyen de la vapeur surchauffée, et permettent par cela même d'obtenir des noirs très-beaux et d'une grande régularité.

CONCLUSION.

Cette belle et grande usine de Barberie qui, ainsi que nous l'avons dit, peut être présentée aujourd'hui comme le meilleur modèle à suivre pour l'installation d'une sucrerie de betteraves, est appelée à donner de grands résultats et à rapporter de larges bénéfices, quelle que soit d'ailleurs la somme élevée qui a été dépensée pour son installation et que l'on porte à plus d'un demi-million. Elle est éclairée au gaz et renferme enfin tout ce qu'il est possible de désirer pour rendre le service facile et régulier.

On a pu voir par ce qui précède que le riche matériel qu'elle contient, et que l'on augmente encore, ne se compose, pour ainsi dire, que d'appareils brevetés, et dont les priviléges, pour la plupart, sont encore en vigueur, depuis la râpe mécanique, les pompes et les presses, jusqu'aux chaudières d'évaporation et de cuite et les turbines centrifuges, en y comprenant les procédés d'épuration.

Il est rare, en effet, de trouver réunis dans le même établissement, pour une fabrication unique, autant d'inventions et de perfectionnements qui, du reste, constituent, il faut bien le dire, tout le succès que l'on obtient actuellement dans cette industrie, d'ailleurs si importante, du sucre de betteraves, succès que l'on réalisera également, et peut-être d'une manière plus éclatante encore, dans les colonies françaises et étrangères, lorsque l'on aura répandu l'application des mêmes procédés aux sucreries de cannes.

Et à ce sujet qu'il nous soit permis de montrer les résultats déjà obtenus par MM. Périer et Possoz, et publiés tout récemment dans les bulletins de l'Institut de France.

APPLICATION DU PROCÉDÉ DE MM. PÉRIER ET POSSOZ

AUX SUCRERIES DE CANNES.

Dans une note envoyée par MM. Périer et Possoz à l'Académie des sciences, le 4 août 1862, les auteurs font remarquer que leur méthode, approuvée par la commission académique, est déjà adoptée dans une trentaine de grandes usines travaillant la betterave. « Mais, disent-ils, dans les pays producteurs de canne, les prix élevés de la chaux et du combustible ayant présenté des obstacles à l'application de ces mêmes procédés, nous avons dû rechercher d'autres moyens pour l'épuration du jus de canne.

« Étant parvenus à réussir, non-seulement au laboratoire, mais surtout à produire en diverses fabriques des colonies françaises et en Espagne plus de 1 million de kilogrammes de sucre dans des conditions de qualité et de prix très-remarquables, et sachant combien l'Académie des sciences daigne porter intérêt aux progrès des arts industriels, nous serions heureux de pouvoir profiter de l'arrivée à Paris d'une caisse de cannes expédiées d'Espagne en bon état de conservation, pour soumettre à une commission de l'Académie les procédés que nous venons d'appliquer manufacturièrement avec succès à l'épuration du jus de canne.

« Plusieurs manières nous ont également réussi; elles consistent généralement à remplacer tout à fait le noir animal et partie ou totalité de la chaux caustique par des quantités très-minimes de sulfites et hyposulfites employées dans des conditions nouvelles, avec ou sans le concours d'agents neutralisateurs, comme les carbonates alcalins, l'ammoniaque, etc., le choix du procédé étant déterminé, dans ses détails, par les espèces et qualités de cannes. »

MM. Périer et Possoz indiquent à ce sujet, dans les brevets qu'ils ont pris spécialement pour cette méthode, les diverses modifications que l'on peut lui faire subir selon la nature des jus, ou leur provenance. Sans chercher à les indiquer toutes, nous croyons utile d'en expliquer le principe général.

Ainsi, selon l'acidité du vesou, la qualité des cannes, et aussi, selon le mode de travail adopté, ils ajoutent au liquide froid ou pendant le chauffage, des quantités de chaux plus ou moins grandes qui peuvent s'élever au besoin jusqu'à plusieurs millièmes du poids du vesou. On peut laisser déposer et procéder au travail.

Le vesou étant additionné, on y fait arriver un courant d'acide carbonique suffisant pour précipiter la chaux, puis on chauffe jusqu'à l'ébullition, afin de provoquer la formation complète des écumes. On décante ensuite, on filtre à travers du sable, ou des étoffes, et on ajoute une quantité d'acide sulfureux, ou d'un sulfite acide, assez grande pour neu-

traliser toute alcalinité provenant des sels de soude et de potasse, celle produite par la chaux étant préalablement détruite par l'acide carbonique.

La chaux ayant été carbonatée, on peut ajouter si l'on veut, l'acide sulfureux avant la décantation, parce que celui-ci se combine en premier lieu avec les alcalis mis en liberté par la chaux avant d'attaquer le carbonate de chaux.

Au lieu d'employer de la chaux, puis de l'acide carbonique, on peut aussi déféquer le vesou en le faisant chauffer avec des carbonates terreux ou alcalins, ou de la lessive de cendres végétales, ou bien de la potasse, de la soude ou de l'ammoniaque caustique, mais mieux carbonatée, et après cette défécation on ajoute l'acide sulfureux ou un sulfite neutre.

Le dosage du sulfite doit nécessairement varier selon les qualités des cannes. En prenant par exemple le sulfite neutre de soude anhydre, on compte généralement de 3 à 6 kilog. de ce sel pour dix mille litres de vesou de bonne qualité. Quand il est moins pur on augmente la proportion jusqu'au double.

Des expériences toutes récentes ont été faites sur des jus de cannes devant la commission de l'Institut, qui a constaté les résultats suivants :

« 4,500 grammes de cannes d'Otaïti, variété à superficie verdâtre venant de Cuba, pressées deux fois dans un laminoir (1), ont donné 3,270 grammes de jus, d'une densité de 1,078 (10°5 Beaumé) à + 15 degrés centésimaux.

« Dans 1,000 grammes de ce vesou froid on ajouta 2 grammes de chaux, l'acide carbonique y fut insufflé jusqu'à disparition de la nuance jaunâtre; on fit bouillir, puis filtrer; le liquide clair reçut un courant d'acide carbonique, et, par petites portions, 3 grammes de chaux (préalablement hydratée, comme dans toutes les expériences, par dix fois son poids d'eau chaude); lorsque l'excès d'acide carbonique fut sensible à l'eau de chaux, on fit bouillir pour chasser cet excès d'acide et l'on filtra.

« La chaux ayant été ainsi éliminée, on décomposa presque complétement les carbonates alcalins par une addition d'acide sulfureux; 12 centimètres cubes d'une solution à 0,03 suffirent.

« On fit évaporer jusqu'au degré de cuite, c'est-à-dire jusqu'à élévation à + 115 degrés de la température d'ébullition; le sirop étant versé dans un verre on *amorça* la cristallisation avec 1 gramme de sucre; la cuite s'était opérée très-facilement, à feu nu (par la flamme du gaz). Le liquide sirupeux étant limpide et très-peu coloré, il a produit une masse cristalline régulière de très-belle apparence.

Ce procédé, comme on le voit, élimine toute la chaux; il s'applique en effet dans les sucreries ou l'évaporation s'effectue par le vide à l'aide d'appareils clos qui doivent être mis à l'abri des incrustations.

(1) Moulin à cylindres analogue à ceux que nous avons publiés dans les vol. II, V, et XIV.

« MM. Périer et Possoz ont simplifié cette méthode en supprimant la défécation par la chaux et les inconvénients que présente cette substance rarement assez pure aux colonies. Ils sont parvenus à ce résultat en complétant leur procédé au sulfite neutre de soude par une sorte de clarification faite avant l'évaporation comme nous le dirons plus loin.

« Leur procédé primitif au sulfite de soude, destiné aux habitations coloniales dans lesquelles l'évaporation a lieu à l'air libre, se réalise dans les conditions de l'expérience suivante faite devant nous :

1 kilogramme du même vesou reçut à froid 4 décigrammes de sulfite neutre anhydre.

« On fit évaporer à l'ébullition, en ayant le soin d'enlever les écumes au fur et à mesure de leur formation ; il ne se produisit plus d'écume vers 18 à 20 degrés Beaumé.

« Le jus, devenu limpide, conserva ce caractère jusqu'au degré de cuite ; on obtint un sirop jaunâtre d'une nuance claire, légèrement plus foncée que le précédent.

« Versé dans un verre, *amorcé* avec 1 gramme de sucre et maintenu comme les autres à l'étuve, il s'est pris graduellement en une masse cristalline régulière, d'apparence un peu moins belle que dans la précédente opération.

« Le principal avantage de ce procédé aux colonies, où il est déjà très-répandu, est d'être aisément applicable dans les sucreries dépourvues d'appareils évaporatoires par le *vide*.

« Quant aux grandes usines où l'on opère en vase clos, l'écumage n'étant pas possible, il fallait clarifier le jus avant de le soumettre à l'évaporation.

« Voici de quelle façon le but a pu être atteint :

« Ce fut en ajoutant aux sulfites des substances susceptibles de former promptement dans le jus, avec les matières organiques étrangères au sucre, des composés insolubles. Ce résultat a été économiquement obtenu surtout à l'aide d'une argile calcaire commune, formée de :

Silicate d'alumine.	68
Carbonate de chaux.	30
Magnésie, oxyde de fer, sable.	2

« De 1 à 4 de cette argile pour 2 de sulfite neutre de soude suffisent dans 5,000 litres de jus pour effectuer, en quelques instants d'ébullition, une clarification complète qui permet de pousser la concentration dans les appareils jusqu'au terme de cuite sans écumage et sans qu'on ait à redouter des incrustations calcaires. »

Nous ne quitterons pas ce sujet important sans parler encore de quelques procédés récents, qui sont également relatifs à l'épuration des jus de cannes ou de betteraves.

NOUVEAUX PROCÉDÉS D'ÉPURATION DES JUS SUCRÉS.

Tout récemment, le rapporteur de la Commission de l'Institut, après avoir fait l'historique de l'application de l'acide sulfureux, des sulfites et de la chaux dans l'épuration des jus sucrés, a fait remarquer qu'il restait encore d'importants progrès à réaliser par des méthodes nouvelles et que la science n'aurait à cet égard rien de trop délicat pour éclairer ou même pour suivre la marche des opérations manufacturières.

Procédé de M. Reynoso. — Le rapporteur a parlé d'abord du procédé de M. Reynoso, qui avait adressé à l'Académie, le 6 janvier 1863, une note sur l'emploi du bisulfite de chaux dans la fabrication du sucre de canne, en signalant l'emploi du bisulfite de chaux dans l'industrie saccharine comme très-nuisible ou susceptible, du moins, d'occasionner des inconvénients notables qu'un excès de chaux eût évités.

Les réactions nuisibles consistent, suivant l'auteur, en ce que le bisulfite, soit directement, soit par sa transformation en sulfate plus acide sulfurique, est capable d'intervertir le sucre et de produire pendant l'ébullition des composés ulmiques; en un mot, de rendre une partie du sucre incristallisable et de déprécier le reste par une coloration brune.

M. Reynoso conclut en disant que, dans le cas où le bisulfite de chaux peut être utile, ce composé doit toujours être accompagné, non-seulement de la quantité de chaux suffisante pour saturer tout l'acide sulfureux, mais qu'en outre on doit employer un excès de chaux et s'en assurer, soit au moyen du papier de tournesol, soit par l'insufflation de l'air des poumons, qui, chargé naturellement d'acide carbonique, doit produire sur le liquide une pellicule de carbonate calcaire.

L'auteur annonce qu'en opérant de cette manière il a obtenu les meilleurs résultats dans des essais en grand sur les habitations dites *la Armonia, la Conception, San-Domingo* et *San-José*, quatre sucreries appartenant à M. de Aldama. Par une lettre adressée à M. Dumas et insérée au *Compte rendu* le 6 octobre 1862, M. Reynoso avait annoncé que dans les conditions précitées et suivant ses conseils, le bisulfite de chaux était employé sur une grande échelle dans l'île de Cuba.

En résumé, ajoute à ce sujet M. le rapporteur, sauf les inconvénients qui peuvent résulter des incrustations, lorsqu'il s'agit d'effectuer la concentration des jus dans les appareils clos, et plus encore dans les chaudières tubulaires, M. Reynoso nous semble avoir indiqué des conditions favorables à l'emploi du bisulfite de chaux dans les sucreries coloniales.

Procédé de M. Moisant. — Nous avons eu l'occasion de parler du procédé de M. Moisant, en décrivant les appareils appliqués dans la sucrerie de Nossi-bé (tome XIV). On se rappelle que cet ingénieur a proposé d'employer, dans le traitement du vesou, en vue de rendre la défécation aussi complète que possible :

1° *La chaux*, pour neutraliser les sels acides que contient la canne; 2° *L'acide sulfureux*, pour préserver et aciduler les jus pendant leur défécation; 3° *L'alumine hydratée*, pour absorber les corps nuisibles inséparables par la chaux.

Depuis cette application, M. Moisant nous a fait part d'un léger changement qu'il a été amené à introduire dans sa méthode :

Il s'est aperçu que l'insufflation de l'acide sulfureux, continuant même après l'addition du sulfate d'alumine, donne lieu à la formation d'une petite quantité de sulfite de cette base qui se précipite en pure perte.

Pour éviter cet accident, il incorpore au vesou, lors de son extraction, seulement un kilogramme de chaux par 10 hectolitres de jus, au lieu de 2 kilogrammes, et il n'ajoute le sulfate d'alumine que lorsque le liquide en défécation est arrivé à la température de 100° centigrades, et que l'insufflation sulfureuse a cessé.

Dans ce cas, il mêle 2 parties de sulfate d'alumine, à 3 parties de carbonate de chaux, le plus pur possible, pour obtenir la décomposition du sulfate. L'excès de carbonate ne peut nuire. L'auteur ajoute que quand il ne se sert pas d'alumine, il se trouve très-bien de remplacer la chaux de neutralisation par du carbonate de soude.

Si, dans le travail en grand, le sulfite de soude formé par l'insufflation d'acide sulfureux ne nuit pas à la cristallisation des sirops, il y a avantage à se servir de cette base : plus d'incrustation calcaire, et partant, grande économie de combustible, d'appareils et de main-d'œuvre.

Procédé de MM. Périer et Possoz. — Nous avons peu de chose à dire maintenant sur ce procédé, qui a été suffisamment décrit plus haut. Rappelons seulement, avec le savant rapporteur de l'Institut, que MM. Périer et Possoz ont été conduits, par de nombreuses et persévérantes recherches sur des cannes à sucre importées d'Espagne et des colonies, à une méthode distincte, caractérisée par l'emploi du sulfite neutre de soude, en vue d'éviter toute chance d'incrustation, soit dans les chaudières ouvertes, soit dans les appareils tubulaires clos, évaporant sous une pression amoindrie des 0,5 aux 0,9 de la pression atmosphérique ordinaire.

Les bons résultats qu'ils ont obtenus dans leurs essais de laboratoire se sont reproduits en grand aux colonies.

Après avoir constaté les résultats favorables obtenus dans les sucreries indigènes à l'aide des procédés décrits ci-dessus, et qui ont été graduellement perfectionnés par MM. Périer et Possoz; après avoir vérifié dans des expériences de laboratoire l'exactitude des faits qu'ils avaient annoncés relativement aux méthodes d'épuration des jus de la betterave et de la canne à sucre, la Commission de l'Institut a proposé à l'Académie d'accorder son approbation à la direction scientifique et pratique qu'ils poursuivent avec de persévérants efforts.

Procédé de M. F. Jacquemart. — Parmi le grand nombre de brevets

qui ont été demandés en France et ailleurs pour de nouveaux procédés relatifs au traitement et à la décoloration des jus sucrés, nous croyons devoir encore parler de celui accordé tout récemment à M. Frédéric Jacquemart, manufacturier à Paris, comme présentant des particularités très-remarquables et d'un grand intérêt.

M. Jacquemart a également cherché à éviter l'emploi du noir animal dans la fabrication du sucre, et à cet effet il a proposé l'*application des sels alumineux*, et en particulier du *sulfate d'alumine* exempt de fer et chimiquement neutre, ou du *sulfite d'alumine*, ou bien encore de l'*acide sulfureux* seul ou mêlé, dans de certaines proportions, avec un *sulfate* ou *sulfite* ou d'*autres sels d'alumine*.

L'auteur indique dans son mémoire plusieurs manières d'opérer :

Ainsi, pour la première, on défèque le jus avec de la chaux mise dès le début, et en dose suffisante, non-seulement pour faire une bonne défécation, mais encore pour saturer et au delà l'acide du sulfate d'alumine employé ultérieurement. Lorsque la défécation est faite, c'est-à-dire lorsque le jus atteint une température de 80 à 90 degrés, on ajoute peu à peu le sulfate dissous, on agite le jus, puis on fait bouillir pendant 1 à 3 minutes. On filtre et le jus filtré est concentré jusqu'à 28 degrés Beaumé. On filtre alors le sirop pour séparer le sulfate de chaux qui s'est précipité, puis l'on concentre.

Quand on dose convenablement la chaux et le sulfate, on obtient de très-bons résultats. L'inventeur a observé que si la chaux n'est pas en suffisante quantité, l'acide du sulfate réagit sur les produits de la défécation, met en liberté des principes nuisibles combinés avec la chaux ou réagit directement sur le sucre. Si, au contraire, la chaux est en excès, on est à l'abri de cet inconvénient, mais alors on doit, après avoir filtré le jus, se débarrasser de l'excès de chaux, soit par un courant d'acide carbonique, soit par de l'acide sulfureux, soit même par du sulfite d'alumine, puis on fait bouillir et l'on filtre.

Par la seconde méthode, on défèque le jus purement et simplement en employant une dose de chaux convenable, on filtre, et, dans le jus filtré, on ajoute le sulfate d'alumine peu à peu, puis on agite, on fait bouillir pendant 1 à 3 minutes, on filtre de nouveau et on évapore.

Cette ébullition du liquide, après la précipitation de l'alumine, est très-efficace pour compléter l'action de cette substance et pour rendre les filtrations plus faciles, surtout s'il y a excès de chaux, celle-ci agissant sur l'alumine de manière à la rendre moins gélatineuse. Après cette seconde filtration, on peut aussi séparer le trop grand excès de chaux par l'acide carbonique, ou par l'acide sulfureux ou le sulfite d'alumine.

M. Jacquemart annonce avoir obtenu d'excellents résultats par l'une et l'autre de ces deux méthodes sur des jus de betteraves, à une époque déjà très-avancée, en employant par litre de jus de 7,5 à 8,5 grammes de chaux et de 6 à 8 grammes de sulfate d'alumine (ce sulfate tenant 13 0/0

d'alumine). Les jus obtenus à 28 degrés Beaumé et bouillants, étaient blonds, ressemblant à de la bière légère.

L'inventeur a également étudié l'action du sulfite d'alumine qui réunit divers avantages, entre autres : d'agir moins énergiquement que le sulfate sur le sucre pour le transformer en glucose, en admettant qu'il agisse dans ce sens; de former un sulfite de chaux beaucoup moins soluble dans les jus que le sulfate, et par suite de ne pas occasionner de dépôts gênants pendant l'évaporation.

Du reste, on opère avec le sulfite absolument comme avec le sulfate. L'auteur a eu de très-bons résultats en employant par litre de jus de betterave, de 6 à 8 grammes de chaux et de 0,04 à 0,056 de litre d'une dissolution de sulfite, tenant en dissolution 25 grammes d'alumine par litre. Avec des doses croissantes de chaux et de sulfate, les résultats s'améliorent.

Enfin M. Jacquemart a été amené à faire l'application de l'acide sulfureux, qu'il emploie seul, en opérant aussi de la même manière que pour le sulfate et le sulfite; les proportions par litre de jus sont 5 à 6 grammes de chaux, et 0,036 à 0,052 d'acide sulfureux liquide.

L'auteur fait remarquer que dans chacun des modes qu'il a proposés les doses indiquées n'ont rien d'absolu; elles doivent nécessairement varier suivant la nature des jus.

Il a également cherché à perfectionner les moyens de filtration en usage. A cet effet, il emploie avec avantage le système de filtration forcée qui est appliqué pour les matières alumineuses. Dans un cylindre en métal, fermé à sa partie inférieure, il interpose, à une certaine hauteur du fond, un disque percé de trous, espèce de grille formant un faux fond sur lequel il place une toile métallique, puis une étoffe de laine ou une couche de matière filtrante, comme du noir en grains, du charbon ou du sable. Sur ce filtre on charge le jus déféqué, on le mélange de sirop et de cristaux. La filtration, qui serait naturellement lente, est accélérée soit au moyen du vide au-dessous du filtre, soit au moyen de la pression au-dessus de la matière dont il est chargé.

Dans le premier cas, le vide peut être fait au moyen de la vapeur introduite par un robinet latéral pendant qu'un autre robinet sert à l'expulsion de l'air. Ces deux robinets étant fermés, le vide s'opère par la condensation de la vapeur et le liquide à filtrer est appelé par succion. Le vide est renouvelé par plusieurs introductions successives de vapeur.

Un robinet inférieur sert à l'évacuation du liquide qu'on facilite en permettant la rentrée de l'air. Le vide peut encore être fait au moyen d'une pompe aspirante, ou bien en donnant à la capacité inférieure un très-petit volume que l'on remplit préalablement d'une portion de liquide provenant de l'opération précédente, de manière à baigner le filtre. Au moyen d'une pompe on épuise ce liquide, et à la suite le jus à filtrer est entraîné par une succion énergique.

Lorsqu'on procède par pression, on applique au cylindre un cou-

vercle mobile garni d'une rondelle de caoutchouc et que l'on fixe par des boulons ou des pinces. A l'aide d'un tuyau flexible ou articulé on injecte à la surface du liquide de la vapeur en pression, ou de l'air comprimé, ou même le liquide à filtrer, en terminant dans ce cas par la vapeur ou l'air comprimé. La pression force le jus à filtrer et on le recueille en laissant ouvert le fond inférieur.

NOUVELLE PRESSE A ÉCUMES

ET

NOUVEAUX FILTRES ÉCONOMIQUES POUR LES SUCRERIES

Pour compléter les divers documents que nous avons donnés sur les machines et les procédés appliqués récemment dans les sucreries, nous croyons devoir parler de deux nouveaux appareils qui présentent également de l'intérêt et qui sont appelés à se répandre avant peu de temps dans ces établissements, ce sont :

D'une part, la nouvelle presse à écumes de MM. Belin et Jeannez, destinée à remplacer avec avantage les presses à vis en usage.

Et, d'un autre côté, le système de filtre économique perfectionné et appliqué par MM. Périer et Possoz.

DESCRIPTION DU FILTRE ÉCONOMIQUE

DE MM. PÉRIER ET POSSOZ, REPRÉSENTÉ PAR LA FIG. 23, PL. 3.

Pour la filtration des jus épurés par leurs procédés, MM. Périer et Possoz ont imaginé une nouvelle disposition de filtre qui fait aussi partie de leurs priviléges et qu'il nous a paru intéressant de décrire, quoique nous ne l'ayons pas vu appliqué à la sucrerie de Barberie.

Ce filtre, qui est très-simple d'exécution, paraît offrir des avantages réels sur les filtres Taylor et autres, en ce que, d'une part, les tubes dont il se compose n'ayant pas de fond, ne sont pas susceptibles de s'obstruer aussi facilement, et que d'un autre côté tout le système peut se nettoyer par une injection d'eau sans être démonté.

Comme on peut le voir sur la coupe verticale fig. 23, pl. 3, il se compose d'une sorte de tonneau à double fond A, ouvert par le haut et fermé à sa partie inférieure par un fond fixe. Dans son intérieur sont rapportées les deux cloisons horizontales B et B′ percées de trous qui se correspondent exactement, et sur lesquels sont fixées des douilles en cuivre *c*. On remarquera que la forme de ces douilles est évasée et

qu'elles se terminent par un rebord, afin de recevoir les bouts des tubes en étoffe D que l'on y assujettit solidement au moyen de ficelles. Ces tubes sont en toile de coton croisé ou bien en molleton de coton ou de laine ; quand le filtre fonctionne ils sont complétement remplis de noir.

Les dépôts tombent au fond du vase, d'où on les retire de temps à autre par le robinet de vidange *a*.

Pour prévenir toute fermentation et éviter un ralentissement dans la filtration, on doit vider les filtres totalement et les laver énergiquement en faisant arriver dans le double fond, par le tuyau E (prolongé à l'intérieur en serpentin percé de trous), un fort courant d'eau froide ou mieux d'eau bouillante que l'on fait monter à plusieurs reprises dans toute la hauteur des tubes d'étoffe jusqu'au trop-plein F, qui permet d'alimenter d'autres filtres semblables. Quand on vient de charger le filtre, ce qui a lieu par le tube *d*, les premières portions filtrées sont troubles, on les fait alors couler dans la gouttière G par le robinet *b*. Dès que le jus devient clair, on ferme ce robinet et on ouvre le suivant *b'* pour faire écouler le liquide dans la gouttière H.

Les premiers jus troubles sont remontés dans le filtre ; les dépôts sont traités comme à l'ordinaire, en les envoyant à la fermentation pour la distillation.

DESCRIPTION DE LA PRESSE HYDRAULIQUE A ÉCUMES,

PAR MM. BELIN ET JEANNEZ,

Manufacturiers à Saint-Martin-au-Laërt, près Saint-Omer.

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 26 A 28, PL. 3.

Si, jusqu'à présent, on n'a pas réussi à éviter l'emploi des sacs dans les presses hydrauliques destinées à extraire le jus de betterave ou d'autres substances, en employant, comme nous l'avons dit, des cylindres percés de trous (1), on a été du moins assez heureux d'arriver à ce résultat pour les presses à écumes. Pour celles-ci surtout, les inconvénients que présentent les sacs sont nombreux ; d'abord ils ne permettent qu'une extraction incomplète d'un jus toujours trouble, puis ils mettent les ouvriers dans l'obligation de manier des matières chaudes chargées de chaux qui leur brûlent et leur rongent les doigts, et enfin, en se déchirant, après un service de quelques jours, ils occasionnent une grande dépense et laissent l'emplacement des presses dans la malpropreté.

MM. Belin et Jeannez paraissent avoir obvié à ces inconvénients au moyen de leur presse perfectionnée représentée pl. 3. Par son emploi,

(1) Depuis peu, plusieurs dispositions ont été proposées pour atteindre ce but, nous citerons celle de M. Thomas, publiée dans le tome XV du *Génie Industriel*, celle de M. Requier, brevetée le 29 avril 1862, et celle de Madame Vᵉ Farinaux et fils, dont le dessin est donné dans le vol. XXV du même Recueil.

on retire tout le jus contenu dans les résidus appelés écumes de défécation; le jus sort limpide depuis le début de l'opération jusqu'à la fin. Cette opération se faisant en vases clos dans lesquels les résidus coulent directement, les ouvriers ne touchent plus à ces matières; cette méthode de procéder en supprimant les sacs, procure une économie de main-d'œuvre et permet de tenir l'atelier en état de propreté.

La fig. 26, pl. 3, représente cette presse en section verticale faite par l'axe des cylindres de pression.

La fig. 27 en est un plan général vu en dessus.

La fig. 28 est un second plan fait à différentes hauteurs; à droite, au-dessus du bloc de presse et sur son piston; à gauche, mi-partie du plateau supérieur vu en dessus, et mi-partie vu en dessous.

Le corps de presse proprement dit ne diffère pas des presses hydrauliques en usage. C'est un cylindre en fonte fort épais A, fondu avec le sommier inférieur A', qui présente trois branches destinées à recevoir les trois colonnes B qui le relient au sommier supérieur C. Ce cylindre, complétement fermé par le bas, est ouvert à la partie supérieure pour recevoir le piston D, et est muni d'une gorge annulaire dans laquelle est logé le cuir embouti *a*, indispensable, comme on sait, dans toutes presses hydrauliques pour éviter les fuites.

Un appareil de retour d'eau ordinaire *b* (1), à double distributeur, est appliqué sur le corps de presse pour l'arrivée de l'eau sous le piston D, afin d'opérer son soulèvement et, plus tard, pour sa sortie dans la bâche des pompes, quand la pression est terminée.

Le piston de la presse est relié au plateau presseur E qui, lui-même, fait l'office de piston en se déplaçant verticalement à l'intérieur du cylindre aux écumes F. Ce cylindre est maintenu bien dans l'axe et au-dessus du piston de la presse hydraulique au moyen des trois colonnes B, par de doubles oreilles *f*, fondues avec lui et qui viennent s'appuyer sur des embases *c*, ménagées, à cet effet, aux colonnes.

Une même disposition a été adoptée pour le plateau supérieur G qui ferme le cylindre aux écumes, c'est-à-dire qu'il est également fondu avec trois oreilles ouvertes engagées entre les colonnes pour le centrer et guider son déplacement dans le sens vertical. Déplacement nécessaire pour ouvrir le cylindre et opérer son chargement en écumes; puis ensuite le fermer pour que celles-ci reçoivent la pression du plateau ou piston presseur E. Cette manœuvre s'effectue à l'aide du volant V claveté au bas de la vis *v*, engagée dans le fort écrou H. Comme cet écrou est fixé au sommier supérieur C et que la vis, au moyen des bagues d'assemblage *g*, peut tourner en restant solidaire avec le plateau G, celui-ci monte ou descend, à volonté, bien verticalement et sans tourner, guidé par les colonnes B.

(1) Voir, pour les détails de cet appareil, la pl. 30 du vol. V de cette Publication.

Pour que la pression du piston aux écumes ne s'exerce pas sur la vis centrale, ce plateau G est arrêté, sur les bords du cylindre F qu'il ferme ainsi bien solidement, par trois mentonnets ou manchettes en fonte M, correspondant aux colonnes et montés à charnières sur des boulons fixés à des oreilles venues de fonte avec les bords du plateau aux écumes. On manœuvre ces manchettes par des manettes en fer *m* qui y sont fixées, de façon à en dégager le plateau lorsque l'on veut ouvrir le cylindre.

La partie supérieure du piston à écumes E est tournée, et présente une convexité de 5 millimètres sur le rayon, de manière que l'écoulement du liquide puisse se faire vers la circonférence extérieure. A cet effet, des trous sont pratiqués dans cette partie à travers son épaisseur et munis de petits tubes en bronze *l*, pour que le liquide puisse tomber dans le réservoir en tôle L, disposé au-dessous.

Pour faciliter l'écoulement, des rainures sont ménagées de fonte à la surface des pistons; les unes rayonnent du centre à la circonférence, et d'autres les coupent suivant des cercles concentriques, de façon à former des divisions, comme l'indique la portion de gauche du plan, fig. 28.

Sur ce piston est placé un disque *p*, composé d'un cercle en fer de 2 centimètres d'équarrissage. Ce cercle est rivé sur une tôle perforée d'une multitude de petits trous, et sur cette tôle est tendu, au moyen d'un second cercle intérieur qui l'enserre sur le premier, un tissu destiné à servir de filtre.

Autour du premier cercle, celui extérieur, est appliquée une natte faite avec une corde en calfat, qui a de 7 à 8 millimètres d'épaisseur. Cette natte est cousue sur la circonférence du cercle en fer, muni à cet effet de petits trous horizontaux que les fils traversent.

On comprend aisément que lorsque la presse est en fonction, le diamètre du piston E étant un peu plus petit que le cylindre F dans lequel il se meut, sa garniture seule, la natte dont nous venons de parler, se trouve fortement comprimée, tout autour du cercle en fer, et comme elle est élastique, elle cède, forme joint hermétique, et reprend son premier volume en sortant du cylindre, à la fin de chaque opération.

Le plateau supérieur G, ou couvercle du cylindre, est pourvu sur sa face interne de rainures semblables à celles du piston, mais, contrairement, cette face est légèrement concave (5 millimètres), afin que le liquide que la pression y amène puisse s'écouler vers sa circonférence pour sortir par des trous pratiqués dans l'épaisseur du cylindre, et de là tomber par les petits tubes *n*, qui y sont rapportés, dans le récipient L. Ce plateau est aussi muni, comme le piston, d'un disque perforé en métal *p'*, avec cercle, tissu et garniture pour le joint, de façon à remplir les mêmes fonctions que le premier.

Marche de l'appareil. — D'après la description qui précède il est facile de se rendre compte du fonctionnement de cette presse. Le piston inférieur E étant abaissé au-dessous du cylindre, on glisse le disque *p* sur

ce piston et l'on fait arriver l'eau sous le piston D de la presse ; on arrête aussitôt que le joint est fait, c'est-à-dire que le piston aux écumes a pénétré dans le cylindre F.

Les manchettes M dégagées et le couvercle G soulevé, à l'aide du volant V, laissent, pendant ce temps, le cylindre F complétement libre en dessus, ce qui permet d'effectuer son chargement des résidus que l'on veut presser. On place alors le disque p', qui complète et forme le joint du couvercle G, et on abaisse ce couvercle jusqu'à ce qu'il touche les bords du cylindre ; on ferme alors les manchettes M en les introduisant entre les embases et les oreilles du plateau.

Le cylindre ainsi chargé, on effectue la pression comme dans toute presse hydraulique, en ouvrant le robinet de l'appareil de retour d'eau *b*, et les liquides enfermés sortent par les petits tubes *l* et *n* pour tomber dans le récipient L. Pour décharger le tourteau, on commence par dégager les manchettes M, puis on soulève le couvercle en manœuvrant dans le sens convenable le volant V, et on continue la pression hydraulique sous le piston D de la presse, de façon à soulever en dehors du cylindre tout son chargement. Il devient alors facile de le retirer en le faisant glisser sur le plateau qui le supporte.

Tel est le service de cette presse qui, comme on le voit, ne présente aucune difficulté et qui offre même une économie assez sensible de main-d'œuvre. Les auteurs estiment que trois ouvriers doivent suffire pour une fabrique qui fait 1500 hectolitres de jus par jour, et jusqu'à présent il en a fallu le double pour le même travail.

Pour convertir en chiffres les résultats économiques que peut donner cet appareil, MM. Belin et Jeannez font le calcul suivant, pour une fabrique de sucre travaillant 120 jours de 24 heures :

Excédant du jus obtenu 1 0/0, soit 100 sacs de sucre de 100 kilog., à 60 fr. l'un.	6,000 fr.
La mélasse produite en proportion, soit 5,000 kilog. à 14 fr.	700
Économie de sacs, 75 cent. par sac de sucre.	7,500
Main d'œuvre, 3 ouvriers pendant 240 jours de 10 heures, à 2 fr. par jour.	1,440
	15,640 fr.

A cela il faut joindre l'avantage d'avoir des jus clairs et un atelier propre. En outre, les tourteaux obtenus avec cette presse se réduisent en poudre sèche à très-peu de frais, et dans cet état ils sont d'un transport facile ; les cultivateurs éloignés des fabriques de sucre pourront désormais faire usage de ce puissant engrais qui, jusqu'à présent, n'a été employé que dans le voisinage des usines, à cause de son état boueux.

BALANCIERS EN FER FORGÉ

EXÉCUTÉS PAR MM. PETIN, GAUDET ET Cᵉ

DE RIVE-DE-GIER.

Nous avons eu plusieurs fois l'occasion de parler, soit dans ce Recueil, soit dans le *Génie industriel*, des travaux remarquables exécutés par MM. Petin et Gaudet, maîtres de forges à Rive-de-Gier et à Saint-Chamond, et de mentionner les perfectionnements successifs qu'ils ont apportés dans l'outillage de leurs établissements.

Nous sommes heureux de faire voir aujourd'hui, d'après le bulletin même des *Annales du commerce extérieur*, que ces habiles fabricants sont parvenus à soutenir avantageusement la concurrence avec l'Angleterre, dans des conditions particulières qui méritent d'être relatées.

On sait que la Compagnie générale des paquebots transatlantiques avait commandé la construction de plusieurs grands navires à vapeur à la maison Scott et Cᵉ, de Greenock. Or, suivant le système adopté par les constructeurs, les machines de ces steamers portent des balanciers puissants, pour la confection desquels il a fallu employer des plaques en fer forgé n'ayant pas moins de :

7ᵐ610 de longueur,
sur 1ᵐ950 de largeur,
et 0ᵐ060 d'épaisseur.

Le poids de chaque plaque était d'environ 5500 kilogrammes.

On ne demandait pas moins de 1ᶠ25 par kilogramme dans les forges anglaises pour exécuter ces plaques, ce qui les aurait portées au prix de 6875 fr. pièce.

Tandis que MM. Petin et Gaudet les ont livrées à Saint-Nazaire à raison de 4100 fr., soit environ 0ᶠ75 le kilogr. En ajoutant à ce prix les frais dans le port d'embarquement, le fret et l'assurance, le tout évalué à 860 fr., on trouve que ces plaques sont revenues, rendues à Greenock, à 4960 fr. pièce, c'est-à-dire 1915 fr. au-dessous du prix demandé en Angleterre.

Les mêmes fabricaux livrent également des pièces en fer de grandes dimensions que l'on n'a pas exécutées jusqu'à présent dans le Royaume-Uni, telles sont, par exemple, des tôles de 6 à 7 mètres de longueur sur 80 centimètres à 1 mètre de largeur et de 15 à 20 millimètres d'épaisseur.

C'est par un outillage tout exceptionnel, bien entendu et exécuté dans leurs propres ateliers, que MM. Petin et Gaudet sont arrivés à ces résultats remarquables qui les placent aujourd'hui, sans conteste, au premier rang dans l'industrie métallurgique.

FILATURE DE LAINE PEIGNÉE

MACHINES DE PRÉPARATION DU DEUXIÈME DEGRÉ

BOBINOIR-RÉUNISSEUR

ET BOBINOIR A DOUBLE MÈCHE FINISSEUR

EXÉCUTÉS PAR M. BRUNEAUX FILS AINÉ

CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN ET FILATEUR A RETHEL

(PLANCHE 4 ET 5)

La machine que nous nommons *bobinoir-réunisseur* est plus particulièrement désignée dans les ateliers de filature sous le nom de *réunion* qui indique d'une manière bien précise le travail opéré par cette machine. Le bobinoir-réunisseur se compose, comme les défeutreurs, de cylindres alimentaires, de peignes et de cylindres étireurs ; mais il est à remarquer que les dimensions de ces pièces sont beaucoup plus faibles et vont ainsi en diminuant successivement dans chaque machine, jusqu'au métier à filer, ainsi que nous l'avons fait observer en décrivant précédemment, dans le vol. XIV, le défeutreur.

Le réunisseur est composé de 16 peignes et il ne fait que 8 bobines par la *réunion de 2 rubans* sur chacune d'elles ; de là son nom.

Les rubans de laine sortant des derniers défeutreurs sont formés, comme on l'a vu, en grosses bobines, elles sont placées sur un porte-bobine disposé derrière le bobinoir-réunisseur. Il est à remarquer que cette machine fait deux passages ; moitié de ses éléments est destinée à mettre en bobines les produits du *réduit,* en passant deux rubans sur chaque peigne, ce qui fait par conséquent 4 rubans pour une bobine, et l'autre moitié de ses éléments sert à passer les premières bobines obtenues, en mettant deux de ces dernières sur chaque peigne.

Les bobines du second passage sont donc formées par la réunion de quatre des premières, elles servent à alimenter le bobinoir de 16 peignes qui vient ensuite. Dans les grands assortiments, le réunisseur ne fait qu'un passage, mais dans ce cas, il y a deux machines au lieu d'une, la seconde travaillant les produits de la première.

En se reportant au bobinoir que nous avons publié dans le quatrième volume de ce Recueil, et en le comparant au bobinoir-réunisseur représenté sur notre dessin, planche 4, il est facile de voir que le principe des deux machines est parfaitement identique. On retrouve les mêmes cylindres alimentaires, les peignes, les cylindres étireurs, les cylindres frotteurs qui donnent de la consistance à la mèche, et en l'arrondissant lui permet de se dévider de dessus les bobines avec plus de facilité.

La seule grande différence qui caractérise le bobinoir-réunisseur, c'est que ce dernier forme des bobines qui reçoivent les mèches de deux peignes. Quant aux organes qui transmettent le mouvement aux cylindres, ils varient suivant chaque constructeur, qui cherche à apporter à la disposition générale des transmissions de mouvement, toutes les modifications qui peuvent simplifier la machine, tout en rendant le mécanisme apparent et facile à visiter.

Le *bobinoir à double mèche finisseur,* qui est le dernier de la série des machines de préparation du deuxième degré, et qui précède immédiatement les métiers à filer, est exactement construit sur le même principe que le bobinoir-réunisseur; les cylindres cannelés, les peignes, les frottoirs, toutes les pièces travaillantes de la machine y sont distribuées de la même manière, et opèrent un travail analogue; les pièces seules sont plus faibles ayant à agir sur des rubans moins épais.

Une particularité remarquable de ce bobinoir, c'est qu'il reçoit sur chaque peigne deux mèches parfaitement distinctes qui s'enroulent sur deux bobines ou cannelles séparées et superposées. Les deux mèches passent successivement sur les mêmes cylindres alimentaires, le même peigne, le même cylindre étireur et le même buffle frotteur. De sorte que le bobinoir que nous décrivons, ne comportant que 36 peignes, fait cependant 72 bobines, ce qui double son produit, sans cependant augmenter l'importance du matériel, la main d'œuvre et l'entretien.

Ce système de passage de 2 mèches, qui est de l'invention de M. Bruneaux, est un des grands progrès réalisés dans la préparation de la laine peignée, en ce sens qu'on peut aujourd'hui, avec un assortiment de machines disposées pour alimenter 2000 broches, en alimenter très-facilement 3500 à 4000, sans plus de frais généraux, main-d'œuvre, graissage, etc. Aussi maintenant est-il à peu près adopté par tous les filateurs, aussi bien pour les finisseurs que pour les intermédiaires; seulement, dans ce dernier, on envide deux mèches sur la même bobine; mais, pour la préparation à donner aux métiers à filer, il est plus convenable de n'envider qu'une mèche sur chaque bobine.

Une autre particularité de ce bobinoir double, c'est la commande du va-et-vient des frottoirs. Différents moyens ont été employés par divers constructeurs pour opérer le va-et-vient des frottoirs; déjà dans le IVe volume de ce Recueil, l'on a pu remarquer la commande employée par feu M. Carbon, se composant d'un excentrique à collier commandant au

moyen d'un levier-manivelle, un pignon engrenant avec deux crémaillères placées l'une au-dessus de l'autre, dans le même plan vertical, et se réunissant aux axes de frottoirs au moyen d'une traverse en fer.

Dans le bobinoir réunisseur, la commande du va-et-vient des frottoirs est tout à fait différente ; elle se fait, comme on l'a vu, au moyen d'un disque formant camme circulaire, agissant par côté sur deux tiges garnies de galets, auxquelles sont réunis les axes des frottoirs.

Quelques constructeurs aussi établissent la commande du va-et-vient au moyen de deux excentriques à collier calés sur le même axe et à 180°; les tiges de ces excentriques sont reliées à des traverses en fer qui réunissent les axes des frottoirs.

Dans le bobinoir finisseur, cette commande est effectuée par deux excentriques verticaux, garnis de longs colliers, auxquels sont fixées les tiges qui se rattachent aux traverses de réunion des axes des frottoirs. L'axe des excentriques est muni d'un volant qui régularise convenablement le mouvement rapide de va-et-vient. Un mécanisme semblable est installé à chaque extrémité de la machine, l'un commandant les frottoirs du haut, l'autre les frottoirs du bas.

Nous avons représenté sur les pl. 4 et 5 les différentes vues qui aideront à faire bien comprendre le mécanisme, le jeu et le travail des deux machines dont nous venons de parler, ainsi que les transmissions de mouvements qui y sont appliquées.

DESCRIPTION DU BOBINOIR-RÉUNISSEUR

REPRÉSENTÉ PLANCHE 4.

La fig. 1 est un plan vu en-dessus de l'ensemble de la machine dans laquelle on a supprimé, faute d'espace, trois paires de cylindres et de peignes, afin de laisser voir complétement les deux extrémités de la machine.

La fig. 2 est une vue de face en élévation, de l'extrémité de la machine munie de la commande principale.

La fig. 3 est une section transversale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 4 une vue de l'extrémité opposée à la commande.

Dispositions générales de la machine. — Le bobinoir-réunisseur se compose d'un bâti formé par la réunion de pieds-droits A reliés ensemble par une forte traverse A', et par une table en fonte B, parfaitement dressée, et sur laquelle sont fixés les supports *b*, des cylindres cannelés et des peignes, et ceux *b'* des frottoirs. L'ensemble des cylindres et des peignes compris entre deux supports consécutifs, forme ce que l'on appelle un *système ;* pour cette raison la table B se nomme *porte-systèmes.*

Les cylindres cannelés tournent sur leurs tourillons dans de petits chevalets *a* munis de coussinets en bronze, et fixés sur les supports *b*, de façon à pouvoir se déplacer latéralement pour permettre le rapprochement ou l'éloignement des cylindres entre eux. Les peignes *t*, qui doivent

être parfaitement rigides, tournent par leurs tourillons dans des paliers à chapeaux *c′*, venus de fonte avec les supports *b*.

Ayant déjà décrit, dans l'article du défeutreur, les peignes employés pour ces sortes de machines; ceux que l'on emploie pour les bobinoirs étant exactement construits de la même manière, mais de dimensions différentes, nous ne reviendrons pas sur ce sujet.

Les frottoirs placés entre les derniers cylindres et les rouleaux d'appel, sont composés de cinq rouleaux en bois CC′, DD′, E disposés comme l'indique la fig. 3. Les deux rouleaux supérieurs C, D, ainsi que ceux inférieurs C′ D′, sont embrassés par des courroies ou manchons en buffle, qui maintiennent entre eux une certaine longueur de mèche pour la rouler et l'arrondir; outre leur mouvement de rotation continue, ces rouleaux sont animés (ceux du haut en sens contraire de ceux du bas), d'un mouvement de va-et-vient d'environ 22 millimètres, ce qui produit une sorte de torsion sur le ruban de laine et le rend plus solide qu'à son premier état. Le cinquième rouleau E, placé entre les deux supérieurs C, D, et animé comme ces derniers du même mouvement de va-et-vient, sert à presser par son propre poids sur les buffles du bas, afin que le frottement s'opère plus sûrement.

Les cylindres cannelés *e* et *e′* sont surmontés d'autres cylindres F, en fonte polie, fixés deux à deux sur un arbre en fer *f*, qui tourne librement dans les chevalets *a*; ces cylindres font pression sur la mèche à étirer pour l'empêcher de glisser sur les cannelés.

Les cannelés de devant e^2, appelés *cylindres étireurs*, doivent supporter une pression beaucoup plus forte que les cannelés de derrière, en raison du plus grand étirage, qu'ils doivent faire subir au ruban. On augmente la pression de leurs cylindres F′ au moyen de contre-poids. A cet effet un étrier en fonte *d* repose sur l'arbre *f* des cylindres de pression sur les cylindres étireurs; son extrémité inférieure, en forme de T, pénètre dans la fourche d'un levier en fonte L, qui prend son point d'appui sur une petite pièce f^2 fixée sur le porte-systèmes; l'autre extrémité du levier recourbée L reçoit un poids P, que l'on peut faire varier suivant que la nature de la laine à travailler l'exige, en le rapprochant ou en l'éloignant du point d'appui.

Nous avons dit que les cylindres de pression des cannelés de derrière *e* et *e′* sont établis en fonte polie; quelques filateurs préfèrent les cylindres en bois recouverts de cuir à cause de leur plus grande élasticité.

Les cylindres de pression des cylindres étireurs e^2 sont en bois, garnis de drap fort et de parchemin. Une certaine longueur de ce dernier reste sans être collée sur le cylindre, et vient battre à chaque tour sur les peignes afin de faciliter la séparation des filaments que les différentes pressions subies par le ruban avaient fait réunir; les papillons facilitent aussi le dégagement de la poussière.

Les cylindres de pression des cylindres étireurs sont surmontés de chapeaux en bois *h* (fig. 3), supportés par les mêmes chevalets que les

cylindres étireurs. Ces chapeaux sont garnis en-dessous et à l'endroit des cylindres de pression, de petites brosses courtes, qui ont pour but de retenir toutes les impuretés entraînées par les cylindres de pression. Sans ces chapeaux, les duvets et autres impuretés seraient entraînés avec le ruban qui se trouverait sali, détérioré et sans régularité. Il faut avoir le soin de nettoyer fréquemment ces chapeaux, car, sans cette précaution, ils s'engorgeraient promptement et ne seraient plus utiles.

La laine au sortir des frottoirs s'enroule sur une busette en bois g garnie intérieurement d'un mandrin en fer, dont les deux extrémités qui désaffleurent la busette glissent dans des entailles pratiquées dans les supports G, fixés sur la longue traverse en fonte H, supportée par des galets à joues I.

Les supports G reçoivent encore un arbre en fer h, qui règne comme la traverse dans toute la longueur de la machine, et sur lequel sont fixés les tambours K destinés à déterminer l'enroulement des rubans sur les busettes. A cet effet, celles-ci, à la circonférence desquelles on a préalablement enroulé un peu de laine, reposent et pressent par leur propre poids, et celui du mandrin qui les traversent, sur les tambours qui, en tournant sur eux-mêmes, entraînent les busettes et les font tourner en sens contraire de leur mouvement, de façon à enrouler la laine autour d'elles. Pendant ce temps, la traverse H est animée d'un mouvement de va-et-vient, dont la course est à peu près égale à la longueur de la busette, de sorte que le ruban s'enroule suivant une hélice très-allongée.

La vitesse des rouleaux d'appel est calculée de manière à suffire au débit de la machine sans produire de tension bien sensible, mais sans laisser le ruban se relâcher, ce qui, dans ce dernier cas, produirait des bobines molles et sans consistance.

Transmission et commande des cylindres. — L'arbre moteur M de la machine, tourne librement dans deux paliers en fonte, garnis de coussinets en bronze, et porte deux poulies, l'une fixe N, recevant le mouvement du moteur, l'autre folle N', pour l'interrompre à volonté. Le désembrayage de la courroie peut s'opérer avec la plus grande facilité au moyen de la fourchette n, fixée à une tringle en fer n', qui règne dans toute la longueur de la machine, de sorte que la *soigneuse* peut désembrayer de n'importe quel endroit de la machine où elle se trouve.

L'un des bouts de l'arbre M est muni du volant régulateur O, et son bout opposé d'une roue d'engrenage p, engrenant avec un intermédiaire p^1, qui donne le mouvement au pignon p^2, monté à l'extrémité de l'arbre d' des cylindres étireurs e^2. Cet arbre se prolonge en dehors du bâti, à l'autre extrémité de la machine, où il reçoit un pignon q (fig. 1), qui commande une roue intermédiaire q', appelée *roue de tête de cheval*, montée sur une douille qui tourne librement sur un goujon fixé à un support q^2, lequel est boulonné sur le porte-système ; la douille de la roue q' porte aussi un pignon r, appelé pignon de la tête de cheval ou

pignon régulateur, que l'on peut remplacer par des pignons de rechange pour faire varier l'étirage suivant le numéro du filé ou selon la nature des laines que l'on emploie.

Le pignon *r* donne son mouvement à une roue dentée *r'*, fixée sur l'axe du second alimentaire *e'*. On peut remarquer que les roues *q' r'*, commandées par le cylindre étireur e^2, ont des diamètres de plus en plus grands, par conséquent la vitesse imprimée au second alimentaire doit être bien moins considérable que celle du cylindre étireur. Il s'ensuit que celui-ci débitant davantage que ne fournit le second alimentaire, il se produit un étirage qui varie suivant le rapport des engrenages.

Sur l'axe du second alimentaire *e'*, et en dehors des supports *b*, est monté un pignon en bronze *s*, de 29 dents, à denture hélicoïde, qui commande, par un intermédiaire, la roue *t* de 78 dents, fixée à l'extrémité de l'arbre des peignes. La même série d'engrenages *s'*, *t'* est répétée à l'autre extrémité de la machine, de sorte que les peignes tournent bien ensemble et leurs arbres bien parallèlement, sans torsion et sans choc, par le fait de cette double commande et de la tenture hélicoïde.

Sur le même axe du second alimentaire, et du côté de la commande principale, est fixé un pignon *o* qui donne le mouvement à un intermédiaire *o'*, lequel, à son tour, commande un autre pignon o^2, fixé sur l'axe du premier alimentaire. On a le soin de mettre au pignon o^2 une dent de plus qu'au pignon *o*, afin que la mèche soit légèrement tendue entre les deux cylindrres alimentaires *e* et *e'*.

Va-et-vient des frottoirs. — Le mouvement de va-et-vient des frottoirs est produit par une camme circulaire R, agissant par côté sur deux galets sphériques *v v'*, logés à l'intérieur de deux tiges en fer V et V', réunies au moyen d'écrous, avec les petites traverses T, T', qui relient les extrémités des axes des frottoirs C, D, C' D' et le cylindre de pression E. Les tiges V et V', traversent une sorte de boîte en fonte U qui les supporte, et dans laquelle elles peuvent glisser librement. A l'intérieur de cette boîte U, les tiges V V' ont une section carrée qui les empêche de tourner, et elles présentent un talon qui vient s'appuyer aux extrémités d'un petit levier à deux branches *u*, articulé en son milieu sur un boulon *u'* fixé à la boîte U.

Lorsque la tige V est repoussée vers la gauche, par exemple, par la saillie de la camme R, le talon de cette tige en pressant sur l'extrémité du petit levier *u* le fait basculer ; son autre extrémité, suivant le mouvement contraire, fait pression sur le talon de la tige V' qu'il entraîne vers la droite, c'est-à-dire en sens contraire de la tige V, et avec elle la ligne de cylindres des frottoirs. Quand à son tour la tige V' est poussée par la camme, le mouvement contraire a lieu, c'est-à-dire que la tige V se reporte en arrière sous l'action du levier *u*, et son galet sphérique *v* se met en contact avec la camme R. Cette camme est fixée sur un arbre transversal *r'* au moyen de deux écrous qui permettent de régler exac-

tement sa position. Cet arbre est animé d'un mouvement circulaire continu par l'arbre moteur M au moyen de la roue X, qui commande celle X', et celle-ci le pignon x, de 60 dents, fixé sur l'arbre de la camme.

Va-et-vient des bobines et des rouleaux d'appel. — Sur l'arbre moteur M est fixée une roue d'angle k', qui transmet son mouvement à une autre roue d'angle k fixée à l'extrémité d'un petit axe qui tourne dans le support l. L'extrémité de ce petit axe porte une roue droite m, qui engrène avec une autre roue m' montée à l'extrémité d'un arbre m^2, lequel reçoit à l'autre bout un pignon en fer x', qui engrène avec les dents de la crémaillère continue Y. Cette crémaillère est reliée à deux équerres en fonte y fixées à la traverse H, qui porte les supports G des bobines et des tambours. La crémaillère n'est pas reliée aux équerres y d'une manière rigide, c'est-à-dire que ces équerres sont pourvues de coulisses permettant à la crémaillère de monter ou de descendre, afin que le pignon x' engrène tantôt avec la partie supérieure, tantôt avec celle inférieure.

Pour maintenir en place la crémaillère pendant que le pignon fonctionne, l'extrémité de l'arbre m^2 est prolongée en deçà du pignon x' pour présenter une petite saillie qui repose sur une traverse en fer x^2 fixée à la crémaillère Y, laquelle traverse est munie à ses extrémités de deux échancrures pour livrer passage à la saillie de l'arbre m^2, toujours maintenu dans la même position par les deux paliers fixes qui supportent lesdites extrémités.

Le pignon engrène avec la partie inférieure de la crémaillère, dans la position qu'il occupe sur la fig. 2; si on admet, dans ce cas, que la machine soit en mouvement, ce pignon fera avancer la crémaillère jusqu'à la fin de sa course; arrivé dans la partie courbe, le pignon forcera alors la crémaillère, de s'abaisser, et la traverse x^2 passera sur la saillie de l'arbre m^2, ce qui obligera le pignon a engrener avec la partie supérieure de la denture jusqu'à l'autre extrémité où le mouvement s'effectuera en sens contraire, pour ramener le pignon en contact avec la denture inférieure comme il était primitivement, et, ainsi de suite, le double mouvement se répétera jusqu'à ce que l'on désembraye la machine.

Mouvement de rotation des frottoirs et des rouleaux d'appel.— A l'extrémité de l'axe d' des cylindres étireurs e^2, du côté opposé à la commande, est fixé un pignon a', qui engrène, au moyen d'une roue intermédaire f', avec une roue dentée f^2 montée à l'extrémité de l'arbre des frottoirs inférieurs D'. Sur l'arbre de ces derniers est calé un pignon g' (fig. 1 et 4) de 65 dents, retenu prisonnier dans les branches d'un support h', et engrenant directement avec le pignon g^2, du même nombre de dents, fixé sur l'arbre des frottoirs supérieurs D. Les engrenages g, g^2 sont clavetés librement sur leurs axes respectifs pour permettre aux frottoirs d'exécuter leur mouvement de va-et-vient, tout en étant animés par eux d'un mouvement de rotation.

L'engrenage f^2, monté sur l'arbre de frottoirs D', commande, par l'in-

termédiaire de la roue h^2, une roue h^3, de 136 dents, calée à l'extrémité de l'arbre sur lequel sont fixés les tambours K. Cette roue h^3 est retenue prisonnière dans le support en fonte i' fixé au bâti A, afin que le mouvement de va-et-vient de l'axe des tambours s'effectue sans entraîner la roue h^3. Des consoles Z, garnies de galets z, sont fixées au porte-système B; elles servent à maintenir la pièce H, et l'empêchent de basculer dans son mouvement alternatif.

PRINCIPALES DIMENSIONS DES PARTIES TRAVAILLANTES DU RÉUNISSEUR ET CALCUL DE L'ÉTIRAGE. — Dans le bobinoir-réunisseur que nous venons de décrire, la vitesse de rotation de l'arbre moteur est de 150ᵗ par minute; le diamètre des cylindres étireurs est de 41 millimètres, celui des cylindres alimentaires de 32 millimètres; le diamètre des peignes au fond des aiguilles est de 75 millimètres. La course du mouvement du va-et-vient des frottoirs est de 22 millimètres; celle du va-et-vient des rouleaux d'appel de 350 millimètres.

Le diamètre des cylindres frottoirs est de 67 millimètres, les manchons en buffle ont 3 millimètres 1/2 d'épaisseur. Le diamètre des rouleaux d'appel est de 143 millimètres.

L'étirage du réunisseur ne se produit absolument que dans la longueur de la mèche comprise entre le cylindre alimentaire e' et le cylindre étireur e^2, espace dans lequel agit le peigne en redressant les fibres de la mèche. Il suffit donc pour trouver l'étirage de calculer la différence de vitesse qui existe entre ces cylindres, et comme ils sont de diamètres différents, il devient nécessaire de tenir compte de cette différence dans les calculs.

Ainsi l'arbre moteur M faisant 150ᵗ par minute, et commandant au moyen de la roue d'engrenage p, de 55 dents, le pignon p^2, de 40 dents, monté sur l'axe du cylindre étireur; la vitesse de ce dernier est de :

$$\frac{150 \times 55}{40} = 206^t\ 1/4.$$

Son développement à la circonférence, le diamètre du cylindre étant de 41 millimètres, est de :

$$3.1416 \times 41 \times 206^t 25 = 26^m 566 \text{ par minute.}$$

Ce cylindre étireur communique le mouvement au 2ᵉ alimentaire e', au moyen d'un pignon q, de 38 dents, qui commande une roue intermédiaire q', de 65 dents, sur l'axe de laquelle, comme nous l'avons vu, est monté le pignon r, de 30 dents, qui commande la roue r', de 68 dents, fixée sur l'axe de ce second alimentaire.

La vitesse du cylindre étireur étant de 206ᵗ1/4, on a alors pour la vitesse du second alimentaire :

$$\frac{206^t 25 \times 38 \times 30}{65 \times 68} = 53^t 19.$$

Son diamètre étant de 32 millimètres, son développement par minute est de :

$$3.1416 \times 32 \times 53,19 = 5^m347.$$

De sorte qu'un ruban de laine de 5^m347 délivré par le second alimentaire e' possède, en sortant du cylindre étireur e^2, un longeur de 26^m566 ; il y a donc eu entre ces deux cylindres un étirage, qui est représenté par le quotient des deux longueurs, soit :

$$\frac{26,566}{5,347} = 4,95 \text{ étirage de la machine.}$$

Lorsqu'on a, dans la pratique, des étirages à calculer, il serait trop long d'employer la méthode que nous venons de suivre; pour la réduire on se sert de cette formule bien connue de tous les filateurs :

Pour trouver l'étirage d'une machine de filature quelconque, il faut diviser le produit des engrenages commandeurs par celui des engrenages commandés, le quotient donne l'étirage.

Nous allons, pour en faire bien comprendre l'application, effectuer le calcul de l'étirage du bobinoir-réunisseur en nous servant de la formule.

Considérons d'abord que les engrenages commandeurs doivent se prendre en partant du cylindre alimentaire et non du cylindre étireur, qui reçoit directement la commande du moteur pour la transmettre au cylindre alimentaire.

Le premier engrenage commandeur est celui r', de 68 dents, qui se trouve sur l'axe du cylindre alimentaire; l'autre commandeur est la roue q', dite *tête de cheval*, qui a 65 dents. Le produit de ces deux commandeurs est de :

$$68 \times 65 = 4420.$$

Le premier engrenage commandé est le pignon de tête de cheval r, il a, dans ce cas, 30 dents; le second commandé est celui q, de 38 dents, fixé sur le cylindre étireur.

Le produit des deux commandés est de :

$$30 \times 38 = 1140.$$

En divisant les deux produits l'un par l'autre, on a :

$$4420 : 1140 = 3,87.$$

Ce chiffre donnerait l'étirage, si les deux cylindres avaient les mêmes diamètres; mais l'un ayant 41 millimètres et l'autre 32 millimètres seulement, il y a un supplément d'étirage de :

$$\frac{41}{32} = 1,28.$$

En multipliant 3,87 par 1,28 nous aurons pour produit 4,95 qui représente l'étirage total du bobinoir réunisseur; même nombre que celui obtenu précédemment.

PRODUCTION DE LA MACHINE. — Supposons que la préparation que l'on fait sur le bobinoir réunisseur pèse 20 à la romaine, pour dix tours de dévidoir, c'est-à-dire 25 grammes; quelle sera la quantité de numéros passés en 11 heures de travail?

Le dévidoir employé dans les filatures pour échantillonner, afin d'avoir le numéro d'un filé ou d'une préparation quelconque, ayant un périmètre de 1m420, les dix tours de dévidoir représenteront une longueur de mèche de 14m20 pesant 25 grammes (1).

Le cylindre étireur commandé, au moyen du pignon *a*, de 35 dents, monté sur son axe, la roue f^2, de 65 dents, fixée sur l'axe des frottoirs, la vitesse de ce dernier est alors de :

$$\frac{206{,}25 \times 35}{65} = 111^t\,05.$$

La même roue f^2 des frottoirs, commande à son tour la roue h^2, de 136 dents, calée au bout de l'axe des rouleaux d'appel, lesquels font alors :

$$\frac{111{,}05 \times 65}{136} = 53^t\,07.$$

Or, les rouleaux d'appel ont un diamètre de 143 millimètres, par suite leur circonférence est de :

$$143 \times 3{,}1416 = 449^{mm}2488,$$

et comme ils font 53t07 par minute, leur développement dans le même temps est de :

$$449^{mm}2488 \times 53{,}07 = 23^m841.$$

Pendant 11 heures ou 660 minutes, le développement d'un rouleau d'appel est de :

$$23{,}841 \times 660 = 15735 \text{ mètres.}$$

Nous savons que 10 tours de dévidoir ou 14m20 pèsent 25 grammes; on a par conséquent :

$$\frac{15735 \times 25}{14{,}20} = 27^k702,$$

qui est la production en kilogrammes de deux peignes pendant 11 heures de travail.

Le produit du deuxième passage sera alors de $27{,}702 \times 4 = 110^k808$.

Dans les machines de préparation, il est à remarquer que le peigne

(1) Voir la note que nous avons donnée, relativement à l'échantillonnage, page 117 du tome XIV, en décrivant les défeutreurs de M. Bruneaux.

semble développer proportionnellement autant que le deuxième alimentaire qui le commande. Et cependant cela n'est pas exact, on peut s'en convaincre facilement par le calcul, en opérant sur le bobinoir réunisseur que nous venons de décrire.

Ainsi, sous le second alimentaire il y a un pignon *s*, de 29 dents, qui commande une roue *t*, de 78 dents; le diamètre du second alimentaire est 32 millimètres; représentons par x celui du peigne, nous aurons la proportion suivante :

$$29 : 78 :: 32^{mm} : x, \quad \text{d'où } x = 86 \text{ mill.}$$

Nous devrions donc, d'après le calcul, avoir 86 millimètres pour le diamètre des peignes, et cependant ils n'ont que 75 millimètres.

Cela tient à ce que la commande des peignes a simplement pour but d'en ralentir la marche, pour que la laine engagée dans leur denture y soit retenue; le cylindre étireur appelle la laine, qui, forcée entre les aiguilles des peignes, se redressé et se divise par brins bien parallèles.

La marche des peignes doit être modifiée suivant la nature des laines que l'on emploie. On accélère ou bien l'on retarde la vitesse suivant que la laine peut ou ne peut pas supporter une forte tension. Souvent une seule dent au pignon des peignes suffit pour produire l'effet voulu, c'est pour cette raison que les dents des pignons de commande des peignes sont beaucoup plus petites que celles des autres engrenages.

DESCRIPTION DU BOBINOIR A DOUBLE MÈCHE FINISSEUR,

REPRÉSENTÉ PLANCHE 5.

La fig. 1 est un plan général de ce bobinoir-double; la longueur de la machine, de près de 9 mètres, ne nous ayant pas permis de la représenter en entier, nous avons dû l'interrompre par une cassure. Du côté gauche de cette cassure, nous avons supposé les cylindres de pression enlevés ainsi que les chapeaux; le côté droit représente la machine complète avec ses cylindres de pression, nous avons seulement enlevé le volant horizontal fixé sur l'axe de l'excentrique des frottoirs.

Les fig. 2 et 3 sont des vues de face en élévation, faisant voir les deux extrémités de la machine avec leurs différentes commandes.

La fig. 4 est une vue de bout, du côté de la commande principale.

La fig. 5 est une section transversale faite par un plan perpendiculaire à l'axe des cylindres cannelés.

Les différentes parties travaillantes du bobinoir finisseur étant exactement semblables, sauf les dimensions, à celles du bobinoir réunisseur que nous avons décrit précédemment, nous passerons rapidement sur

ces diverses parties, nous arrêtant davantage sur les particularités qui les distinguent.

Le bâti de cette machine est composé de cinq flasques verticales A, réunis par une traverse A′, et supportant la longue table en fonte B, dite *porte-système*. Sur ce porte-système sont fixés les supports *b*, des cylindres cannelés et des peignes, et ceux *b′* des axes des frottoirs.

Les cylindres cannelés *e*, *e′* et e^2 et les peignes *c* sont supportés, comme ceux du réunisseur, sur des petits chevalets *a* et *c′*, qui peuvent se déplacer horizontalement sur les supports *b*, afin de pouvoir éloigner ou rapprocher les cylindres entre eux, suivant les besoins. Les cylindres alimentaires *e* et *e′* sont surmontés des cylindres de pression en fonte F, et les cylindres étireurs e^2 sont garnis de cylindres de pressions en bois F′, recouverts de drap et de parchemin. Des contre-poids P, comme dans le bobinoir-réunisseur, font pression sur les cylindres en agissant au moyen du levier à étrier *i′*.

Les cylindres des frottoirs C C′ D D′, d'un diamètre plus petit que ceux du réunisseur, sont cependant disposés de la même manière, munis de leurs manchons en buffle et du rouleau presseur E. Leurs axes glissent et tournent dans les coussinets des supports *b′*.

La laine sortant des frottoirs s'enroule sur deux cannelles ou bobines parfaitement distinctes. Ces bobines et les rouleaux de cannelles K et K′ sont superposés dans les supports en fonte G, disposés à cet effet et fixés sur la traverse H, qui règne dans toute la longueur de la machine et qui repose sur des secteurs en fonte I, oscillant sur des goujons en fer fixés aux pieds-droits A.

Les porte-entonnoirs *f′* et *g′* se multiplient en raison du nombre de bobines, et sont fixés sur une tringle en fer ou en bois *i* vissée aux supports *b′* des frottoirs. Les deux mèches passent directement, et sans retomber, du cylindre étireur e^2 sous les manchons des frottoirs, pour se rendre, après avoir traversé les guides, aux porte-entonnoirs *f′* et *g′* qui dirigent les mèches séparément, l'une sur la bobine supérieure, l'autre sur la bobine inférieure.

La traverse ou chariot H, sur lequel sont fixés les supports des bobines, est animé d'un mouvement de va-et-vient produit par une crémaillère continue qui se trouve placée vers le milieu de la machine, et que nous n'avons pas figurée sur le dessin, sa construction et son mode d'action étant exactement les mêmes que ceux des *défeutreurs* et du *bobinoir-réunisseur*.

Transmissions des mouvements. — L'arbre moteur M règne dans toute la longueur de la machine, sous le porte-système B. Son extrémité droite reçoit à l'extérieur du dernier bâti A, une poulie fixe N, à côté de laquelle est montée une poulie folle, semblable. Le désembrayage s'effectue, comme dans le réunisseur, au moyen d'une grande tringle en fer *n′* qui règne dans toute la longueur de la machine pour être toujours à la portée

de la soigneuse; cette tringle agit par l'intermédiaire du levier L sur la tige *n*, munie de la fourchette de désembrayage qui embrasse la courroie motrice.

Sur l'arbre moteur, près de la poulie fixe, est montée une roue d'engrenage *p*, de 46 dents, qui transmet le mouvement, au moyen d'une roue intermédiaire p', au pignon p^2, de 39 dents, monté à l'extrémité de l'axe *d* des cylindres étireurs e^2. Cet axe est muni d'un pignon *q* commandant la roue de tête de cheval q', dont l'axe porte le pignon régulateur *r* engrenant avec la roue r'. Cette dernière est montée sur l'axe du second alimentaire e', lequel donne le mouvement aux peignes, au moyen d'un pignon en bronze et à denture hélicoïdale, de la roue intermédiaire *s* et du pignon *t* (fig. 1) fixé au bout de l'axe des peignes.

Pour régulariser le mouvement, la même commande s'effectue à l'autre bout de la machine au moyen de la série d'engrenages s', t'. De ce même côté, sur l'axe du second alimentaire e', est fixé un pignon *o* (fig. 1) qui donne le mouvement à une roue intermédiaire o', laquelle commande le pignon o^2 fixé sur le premier alimentaire *e*.

Va-et-vient des frottoirs. — Comme nous l'avons déjà fait remarquer, le mécanisme qui est destiné à donner aux frottoirs leur mouvement de va-et-vient, est d'une disposition toute nouvelle imaginée par M. Bruneaux, à qui l'on doit déjà bon nombre de perfectionnements dans les machines de filatures, entre autres, comme nous l'avons dit, le système de doubles bobines superposées décrit plus haut.

Ce mouvement de va-et-vient des frottoirs est produit ici par un excentrique vertical R, sorte de manchon dont l'axe traverse d'une part le porte-système B, en passant au travers d'une boîte en fonte U, faisant office de palier; et d'autre part un support en fonte U′ fixé au bâti. L'extrémité supérieure de l'axe de l'excentrique, reçoit, en dehors du support U′, un volant O destiné à régulariser le mouvement; l'extrémité inférieure est munie, en dessous du porte-système B, d'un pignon d'angle V, qui reçoit son mouvement d'un engrenage V′ fixé sur l'arbre moteur.

L'excentrique proprement dit R est une sorte de gros arbre en fer de 180 millim. de hauteur, dont les deux tourillons sont excentrés de 11 millimètres; il est recouvert d'une douille en fer, faisant corps avec la tige r^2 qui se relie à la traverse T, destinée à réunir les axes des frottoirs.

Une commande analogue est établie à chaque extrémité de la machine: l'une, celle de droite, commandant les frottoirs supérieurs, l'autre les frottoirs inférieurs; il est seulement à remarquer que les excentriques sont disposés de façon que le mouvement de va-et-vient se produit inversement, c'est-à-dire que les frottoirs supérieurs se dirigent vers la gauche, tandis que ceux inférieurs vont en sens contraire, à droite, afin que les mèches pincées entre les buffles, fassent au moins deux ou trois tours sur eux-mêmes pendant un va-et-vient des frottoirs. De cette façon

les mèches obtiennent assez de consistance pour pouvoir se dévider facilement aux métiers à filer.

Mouvement de rotation des frottoirs. — Il est important que le développement des cylindres frotteurs ne soit pas plus considérable que celui des cylindres étireurs, car dans ce cas il y aurait un étirage préjudiciable à la qualité de la mèche; il ne faut pas non plus que le ruban flotte entre les frottoirs et les cylindres étireurs, ce qui produirait des bobines molles; il faut par conséquent que le développement des frottoirs soit exactement le même que celui des cylindres étireurs.

Sur l'arbre moteur M, à l'extrémité de la machine, opposée à la commande est fixé un pignon a', de 65 dents, qui donne le mouvement, par l'intermédiaire de la roue f', à la roue dentée f^2, de 90 dents, montée à l'extrémité de l'arbre des frottoirs inférieurs D', C'.

Cette roue f^2 fait partie d'une douille qui porte un pignon g' (fig. 2), et qui peut tourner librement dans un support h' mais sans pouvoir se déplacer horizontalement.

L'axe des frottoirs est calé à l'intérieur de cette douille, sur laquelle les engrenages f^2 et g' sont arrêtés au moyen de longues clavettes qui leur permettent d'être entraînés avec elle, tout en obéissant au mouvement de va-et-vient produit par l'excentrique R.

Le pignon g' engrène avec un autre pignon semblable g^2, calé de la même manière sur l'axe des frottoirs supérieurs, et également maintenu prisonnier dans le support h'. De cette façon les frottoirs subissent continuellement l'action des pignons g', g^2, tout en exécutant le mouvement de va-et-vient nécessaire pour rouler la mèche.

Rotation des rouleaux d'appel. — Sur l'arbre moteur M est encore fixé, vers son extrémité de gauche, un pignon h^2, de 47 dents (fig. 2 et 5), qui donne le mouvement à un autre pignon h^3, au moyen des roues intermédiaires l et l', fixées sur le support en fonte i^2 boulonné au porte-système. L'axe du pignon h^3 porte le long pignon l^2, de 27 dents, avec lequel engrène la roue m, de 42 dents, fixée sur l'axe des rouleaux d'appel inférieurs, K'. Ces rouleaux se trouvent alors animés d'un mouvement de rotation qui détermine l'enroulement des mèches de laine sur les bobines. Les rouleaux supérieurs K, devant posséder un mouvement identique, sont commandés par cette même roue m au moyen d'une roue intermédiaire m', qui engrène avec celle m^2, ayant de même 42 dents, et fixée sur l'axe des rouleaux supérieurs.

La longueur du pignon l^2 est déterminée par la course de la pièce H qui porte les rouleaux de cannelles et les bobines, sur lesquelles la mèche s'enroule en hélices allongées.

De distance en distance, sont fixées au porte-système des consoles Q, qui supportent le chariot H, et lui servent de guides pour effectuer son mouvement rapide de va-et-vient.

PRINCIPALES DIMENSIONS DES PARTIES TRAVAILLANTES DU BOBINOIR A DOUBLE MÈCHE FINISSEUR. — CALCUL DE L'ÉTIRAGE.

Diamètre de la poulie motrice N.	0m272
Nombre de tours par minute.	150
Diamètre des cylindres alimentaires e et e'.	0m029
— — étireurs e^2.	0m035
Diamètre des peignes c au fond des aiguilles.	0m036
— des frottoirs C C', D D' avec les buffles. . .	0m056
— des rouleaux de cannelles K et K'.	0m061
Course du va-et-vient des frottoirs.	0m022
— — des rouleaux de cannelles. . . .	0m160
Pignon q sur le cylindre étireur.	52 dents
Roue q', dite *tête de cheval*.	65 —
Pignon r, dit *régulateur*.	25 —
Roue r' sur le second alimentaire.	68 —

Pour calculer l'étirage du bobinoir double finisseur, nous ferons usage de la formule que nous avons donnée pour le bobinoir réunisseur, et qui reste la même, comme nous l'avons dit, pour toutes les machines de filature.

Considérons d'abord que les cylindres n'ont pas des diamètres égaux, la différence de diamètre nous donnera un supplément d'étirage, qui est représenté par le quotient de ces diamètres, soit $\frac{35}{29} = 1,20$.

Multipliant les engrenages commandeurs l'un par l'autre, nous aurons : roue r', de 68 dents, sur le second alimentaire, et roue q' tête de cheval, de 65 dents, qui donnent pour produit :

$$68 \times 65 = 4420.$$

Pour les engrenages commandés, le pignon régulateur r, de 25 dents, et celui q^2, de 52 dents, du cylindre étireur donnent

$$52 \times 25 = 1300.$$

On a, pour l'étirage résultant du rapport des engrenages, en divisant ces deux produits :

$$\frac{4420}{1300} = 3,40.$$

En multipliant cet étirage par celui provenant de la différence de diamètre des cylindres cannelés, on obtient l'étirage total de la machine qui est de :

$$3,40 \times 1,20 = 4,10.$$

PRODUCTION DE LA MACHINE. — En supposant que 10 tours de dévidoir de la préparation pèsent, à la romaine, le n° 140 ou 3gr. 55, quelle sera la production de la machine pendant 11 heures de travail?

Pour déterminer cette production, il suffit de connaître le développement du rouleau de cannelles pendant les 11 heures de travail; l'arbre moteur, faisant 150 tours par minute, donne le mouvement au long pignon l^2, qui commande les rouleaux au moyen du pignon h^2, de 47 dents, monté sur son axe, et d'une roue h^3, de 50 dents, fixée au bout de l'axe du long pignon.

Le rapport entre les vitesses sera donc :

$$50 : 47 :: 150 : x;$$

d'où
$$x = \frac{150 \times 47}{50} = 141 \text{ tours.}$$

Le long pignon l^2 a donc une vitesse de 141 tours; il commande une roue m, de 42 dents, montée sur l'axe des tambours, et lui-même a 27 dents. La vitesse des tambours est donnée par la proportion :

$$42 : 27 :: 141 : x;$$

d'où
$$x = \frac{141 \times 27}{42} = 90^t64.$$

Le diamètre des tambours étant 61 millimètres, leur circonférence est de :

$$3,1416 \times 61 = 191^{mm}64.$$

A chaque tour, les tambours développent donc 191mm64, comme ils font 90t64 par minute, ils développeront pendant ce temps :

$$191^{mm}64 \times 90^t64 = 17^m370,$$

et, pendant 11 heures ou 660 minutes ;

$$17^m370 \times 660 = 11464^m20.$$

Pour trouver le poids de ces 11464m20, puisque 10 tours du dévidoir ou 14m20 pèsent 3gr. 55, il suffit d'établir la proportion

$$14^m20 : 3,55 :: 11464^m20 : x;$$

d'où
$$x = \frac{11464,20 \times 3,55}{14,20} = 2^k866^{gr.},$$

représentant la production d'un peigne; mais comme il y a 36 peignes dans la machine, et que chaque peigne produit 2 mèches, soit 72 mèches, on a alors

$$2^k866 \times 72 = 206^k352$$

pour la production totale de la machine par journée de 11 heures de travail effectif.

MÉTALLURGIE DU FER

FORGES DE RACHECOURT

(HAUTE-MARNE)

DE MM. COLAS FRÈRES

TRANSMISSION PAR COURROIES APPLIQUÉES AUX LAMINOIRS

TRAIN DE LAMINOIRS A GUIDES.

(PLANCHES 6, 7 ET 8)

Nous avons donné, dans plusieurs volumes de ce Recueil, la description de divers appareils qui composent le matériel roulant des usines à fer, tels que des marteaux de différents genres, des cisailles, des squeezers, des fours à réchauffer et à souder, des trains de laminoir, etc., mais ces articles détachés, destinés surtout à montrer les modifications ou les perfectionnements apportés dans chaque appareil, ne nous ont pas permis de faire voir l'ensemble d'une forge comme on en monte actuellement, et par suite de bien faire comprendre la série des opérations successives que l'on fait subir à la matière elle-même pour obtenir les fers du commerce.

Cependant, en présence de la concurrence redoutable que les fabricants français sont obligés de soutenir contre nos proches voisins, beaucoup plus favorisés sous le rapport du combustible, des matières premières et souvent même des capitaux, il nous a paru qu'il pouvait être intéressant pour un grand nombre de nos lecteurs, de connaître l'organisation générale d'une usine à fer bien montée, susceptible de travailler d'une manière économique et avec une grande régularité.

Tout le monde l'a compris, depuis le nouveau traité de commerce avec l'Angleterre et la Belgique, il ne suffit pas d'un personnel intelligent et travailleur, il faut être bien outillé aujourd'hui, si l'on veut arriver à fabriquer dans les meilleures conditions. Un matériel bien entendu, une bonne organisation, permettant de simplifier la main-d'œuvre,

d'éviter des pertes de temps, d'économiser le combustible, de réduire les déchets, peuvent seules permettre de produire à bon marché, résultat final auquel doit tendre toute fabrication.

Grâce à l'obligeance toute désintéressée de MM. Colas frères, maîtres de forges des plus habiles et des plus éclairés, il nous a été permis de relever le plan complet de leur usine de Rachecourt, que nous ne craignons pas de présenter comme un bon modèle à suivre pour forges ordinaires propres à fabriquer le fer marchand. Si on voit des usines de ce genre plus considérable en Angleterre, on n'en trouve pas, croyons-nous, de mieux organisées. Nous ajouterons du reste que là nous n'aurions pas rencontré le bon accueil que nous avons reçu chez MM. Colas, qui n'ont pas hésité à se mettre entièrement à notre disposition et à nous initier à toute leur industrie.

La forge de Rachecourt, dont la pl. 6 représente le plan d'ensemble, a été fondée en 1846 par MM. Jacquot frères et neveux, maîtres de forges distingués de la Champagne. Elle a été érigée et outillée d'après les dessins et sous la direction de MM. Thomas et Laurens, qui, comme on sait, se sont fait, dès l'origine, une spécialité de l'établissement des usines métallurgiques. On y a apporté successivement, depuis sa fondation, diverses améliorations conformes aux progrès de l'industrie, et des agrandissements proportionnés aux développements de la production, lesquels, ayant été prévus lors de la construction primitive, sont venus compléter l'usine et en améliorer l'ensemble; ces nouveaux travaux, entrepris sur les plans de MM. Ch. Thirion et de Mastaing, à qui nous devons les communications des documents relatifs au présent mémoire, ont été en partie exécutés en 1859 et 1860, et se continuent actuellement.

On traite à Rachecourt des fontes de Champagne fabriquées au charbon de bois, dans plusieurs hauts fourneaux appartenant aux propriétaires de l'usine.

Ces hauts fourneaux sont situés dans les environs et à proximité des gisements de minérais ou de cours d'eau qui en permettent le bocardage et le lavage, ce qui a pour résultat de diminuer notablement les transports des matières premières servant à la production de la fonte, lesquelles représentent au moins quatre fois le poids du métal; l'approvisionnement de fonte se complète par les achats faits dans le pays même.

La forge de Rachecourt, établie sur la Marne, qui fournit une grande partie de la force motrice, est approvisionnée de charbons de terre par l'embranchement du chemin de fer de l'Est, de Blesmes à Chaumont, auquel elle se relie par une voie ferrée spéciale près de la station de Chevillon.

Les houilles du Nord et même des houilles anglaises peuvent y arriver en concurrence avec celles de Sarrebruck. Le combustible reste ap-

provisionné à la gare du chemin de fer; là il est pris dans de petits wagonnets contenant 1,000 kilogammes, qui vont le transporter jusqu'aux fours, et les chauffeurs le prennent au wagonnet même. On évite ainsi la perte due aux déchargements et déplacements du charbon; on est sûr que les ouvriers n'en peuvent pas brûler furtivement, et le compte des quantités livrées à chaque four est des plus simples à contrôler.

Avant de décrire l'ensemble de cette usine, nous rappellerons très-brièvement les diverses opérations qui constituent la fabrication du fer :

La première est le *puddlage* par lequel la fonte est convertie en fer ductile; ce fer est à peu près épuré chimiquement dans cette opération, mais il est mélangé de scories interposées mécaniquement;

On les enlève par l'opération du *cinglage*, qui consiste à comprimer les boules de fer puddlé, de manière à en souder les parties et à en exprimer les scories interposées;

Aussitôt cinglé, le fer est étiré dans des *laminoirs dégrossisseurs* qui le transforment en barres plates;

Ces barres de fer brut sont coupées, au moyen d'une *cisaille*, en bouts de 0m40 à 0m50 de long, et ces bouts réunis en un paquet qui peut être composé de 4 à 30 barres superposées suivant les besoins;

Le paquet est placé dans un *four à réchauffer*, chauffé là au blanc soudant et reporté à un *laminoir finisseur*, qui le transforme en fer marchand ordinaire;

Ou bien il est laminé de nouveau en barres plates, dites *de fer corroyé*, destinées à la confection de paquets qui, étant laminés, donneront un fer marchand supérieur.

Le fer brut et le fer corroyé peuvent aussi être employés conjointement à la confection des paquets; on a ainsi des produits intermédiaires ou doués de qualités spéciales dans différents points de leur profil.

Pour fabriquer les divers échantillons de fer en barres, depuis les arbres de transmission de 0m160 de diamètre jusqu'aux fils télégraphiques de 0m004, on conçoit qu'il faut des laminoirs spéciaux d'une grandeur proportionnée à l'échantillon de fer qu'on veut produire; pour les fers habituels du commerce, il suffit d'avoir des laminoirs de trois grandeurs différentes, afin d'y fabriquer tous les échantillons.

La force motrice qui fait marcher tout le matériel roulant de l'usine se compose, d'une part, de deux turbines hydrauliques du système de M. Fontaine, à pivot supérieur, que nous avons publié avec détail dans notre *Traité des Moteurs hydrauliques;* et, d'autre part, de deux puissantes machines à vapeur qui fonctionnent sans dépenses de combustible, parce qu'on a eu le soin d'utiliser la chaleur perdue des fours à puddler et à réchauffer sous de grandes chaudières cylindriques disposées, comme on le verra plus loin, sur chaque paire de ces fours.

Une des particularités importantes de l'usine de Rachecourt, et qui ne s'est pas encore répandue ailleurs, que nous sachions, est l'application des poulies et des courroies à la place des engrenages pour transmettre le mouvement aux différents trains de laminoirs. Cette application qui, tout d'abord, était regardée à peu près comme impossible par beaucoup d'industriels, à cause du grand effort à transmettre, a eu, dès l'origine, le mérite d'une réussite complète. Elle devient d'autant plus utile qu'elle évite ces accidents redoutables qui se rencontrent malheureusement trop souvent dans les forges, parce qu'un volant ou un engrenage se brise quand un obstacle se présente, et entraîne souvent la rupture d'autres pièces importantes, tandis qu'une courroie glisse sur sa poulie, lorsque la résistance est trop grande et il n'en résulte pas d'autre inconvénient.

Nous avons déjà démontré, soit dans ce Recueil, soit dans le *Vignole des Mécaniciens,* les avantages que l'on retire de la commande par courroies, comparativement à d'autres modes, et nous avons cité à ce sujet plusieurs applications très-remarquables qui prouvent que l'usage doit tendre constamment à se répandre. Le nouvel exemple que nous venons d'indiquer et que nous décrivons plus loin avec détail, suffira pour convaincre à cet égard les plus incrédules et montrer que, lorsqu'on sait donner aux courroies les dimensions convenables, elles sont capables de transmettre des efforts considérables.

Nous ferons observer qu'une telle application est surtout essentielle lorsque le moteur ne peut être établi dans des conditions de vitesse qui ne lui permettent pas d'attaquer directement l'outil ou l'appareil qu'il doit faire mouvoir; par exemple, quand c'est une turbine ou une roue hydraulique.

Mais lorsque, au contraire, le moteur est une machine à vapeur qui a le mérite de se prêter à des dispositions très-diverses, il est souvent possible de commander par une manivelle sans aucun intermédiaire d'engrenage ou de poulie. Nous devons dire que, sous ce rapport, MM. Thomas et Laurens sont les ingénieurs qui, des premiers, n'ont pas craint de proposer l'action directe, soit pour des laminoirs, comme on le voit à Rachecourt, soit pour des cylindres de papeterie ou d'autres applications.

En décrivant la forge de MM. Colas, nous allons avoir l'avantage de faire connaître les différentes particularités qui la distinguent, et dont nous venons de dire quelques mots, en même temps que nous pourrons faire suivre à nos lecteurs les opérations successives qui s'y exécutent pour la fabrication des fers de diverses natures.

DESCRIPTION GÉNÉRALE

DES DISPOSITIONS PRINCIPALES DE L'USINE, REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 1 ET 2 DE LA PLANCHE 6.

La fig. 1 est un plan général de l'usine dessinée à l'échelle de 1/500.

La fig. 2 en est une section transversale faite verticalement par le milieu du canal de dérivation de l'eau qui alimente la première turbine, suivant la ligne 1—2 du plan.

La forge proprement dite se compose d'une grande halle de forme rectangulaire A (fig. 1, pl. 6), de 40 mètres de largeur sur 70 mètres de longueur. La halle principale est couverte d'un comble en charpente indiquée dans la coupe fig. 2. En dehors de ces bâtiments, des appendices et de petits hangars couvrent quelques fourneaux de chaudières à vapeur placés dans les cours.

Le bâtiment B est consacré au puddlage; nous y voyons six groupes de fours F, comprenant chacun deux fours surmontés d'une chaudière à vapeur (1).

Ces six groupes de fours placés en ligne ont leurs foyers *f* desservis par deux voies de fer qui amènent la houille et la fonte devant eux.

A l'intérieur de la halle, est installé un marteau pilon C pour le cinglage des loupes, qui sont ensuite soumises à l'action des deux trains de laminoirs L et L', destinés spécialement au laminage du fer brut. Ces laminoirs sont commandés directement par la bielle d'une machine à vapeur M, dont le piston doit alors donner autant de coups doubles que les cylindres eux-mêmes doivent faire de révolutions.

Le cinglage commencé par le marteau est achevé ici par les cylindres dégrossisseurs des trains qui, à cet effet, sont d'un fort diamètre. Cette disposition n'est possible que parce que les fers provenant des fontes de Champagne sont tendres, très-soudants, et leurs scories très-fluides; autrement il faudrait deux marteaux-pilons.

Le fer brut, laminé, dans ces trains, en barres plates de quatre largeurs différentes et d'une même épaisseur, est dressé et mis à refroidir sur les plaques en fonte *a*, puis pesé à la bascule *b*, et emmagasiné ainsi sans transport dans la travée centrale de la forge. Au moyen des cisailles à vapeur *c*, il est coupé en bouts de longueur convenable, et ces bouts sont mis en paquets, les paquets pesés sont envoyés aux divers fours à rechauffer qui alimentent les cinq trains à fer marchand situés dans la grande halle.

(1) Sur la planche 9, nous donnons le dessin d'une disposition de ce genre appliquée dans la même usine.

Les trains T et T′ sont destinés à la fabrication des gros fers; le train T, en particulier, destiné aux plus gros échantillons, exécute des fers qui sont corroyés pour la plupart, tels que les essieux; il est accompagné d'un marteau-pilon C′ pour le soudage des paquets de fer dur, et pour le corroyage de certains fers ronds.

Ces deux trains sont commandés par une turbine D, située entre les deux et transmettant sa puissance au moyen d'engrenages d'angle et de courroies dont il sera parlé ultérieurement.

Le train T², dit *moyen mill* (en Champagne, *train cadet*), sert à la fabrication des fers marchands de petites dimensions. Le train T³ est destiné à la production du petit fer rond de tréfilerie. Le train T⁴ est destiné à la même production, mais plus généralement aux fils du plus petit diamètre correspondants aux nos 20, 21, 22 de la jauge; cette fabrication est très-importante en Champagne, la nature du fer s'y prêtant parfaitement. Ces fers, qui sont destinés à être convertis en fils de fer dans les tréfileries et travaillés sur les machines à étirer, s'appellent fers de machine, et, par abréviation, *machines*. Nous reviendrons en détail sur ce petit train.

Les deux trains T² et T³ sont commandés par une turbine D′ au moyen de roues d'angle, de poulies et de courroies.

Les deux turbines D et D′ sont alimentées d'eau par deux canaux voûtés en maçonnerie qui traversent la grande halle, suivant le tracé indiqué en lignes ponctuées sur le plan général; elles développent chacune une force de 90 à 100 chevaux avec une chute qui varie de 2 mètres à 3m50.

Pour compléter la série des moteurs, une machine à vapeur M′, de la force de 60 chevaux, commande directement par des courroies les deux trains rapides T³ et T⁴; de plus, au moyen d'engrenages et de l'arbre A′, elle est mise à volonté en communication avec la turbine D′, de sorte que les trois trains T², T³, T⁴, peuvent être commandés simultanément par ces deux moteurs D′ et M′ conjugués.

Les trains T et T′ sont desservis actuellement par les deux fours à réchauffer F′, dont la chaleur perdue n'est pas encore utilisée.

Sous un hangar en appendice aux halles A et B, sont groupés quatre fours à puddler au-dessus desquels sont montées deux chaudières à vapeur E, chauffées par ces fours, lesquels doivent disparaître pour faire place à deux nouveaux fours à réchauffer destinés au service du train T, avec leurs chaudières à vapeur, et deux nouveaux générateurs qui seront placés derrière les fours à réchauffer F′.

Les trains T², T³, T⁴, sont desservis chacun par une groupe de deux fours à réchauffer F², F³, F⁴ accompagnés de chaudières à vapeur E′ pour l'utilisation des chaleurs perdues.

Remarquons que les vapeurs de toutes les chaudières sont amenées dans des conduits communs qui ne sont pas figurés sur le plan et dans

lesquels puisent les machines et les marteaux-pilons, de sorte que les irrégularités dans la production et dans la consommation, se trouvent à peu près compensées. La fumée et les produits de la combustion des feux de tous les fours se rendent par des carneaux souterrains dans une cheminée unique C^2, qui s'élève derrière l'usine, et qui n'a pas moins de 36 mètres d'élévation à partir du sol jusqu'au chapiteau, et 40 mètres depuis le massif en maçonnerie sur lequel elle repose; le diamètre intérieur, à la base, est de 2^m250 et, au sommet, de 1^m50 (1).

Comme accessoires aux trains T et T′, il y a, outre la plaque à dresser *a′*, une scie circulaire *d* pour l'affranchissement des gros fers, et une cisaille *d′* est mue par la turbine D. La seconde turbine D′ commande, d'une manière analogue, une cisaille d^2. Chaque turbine actionne, en outre, une pompe à eau *p* qui refoule l'eau dans un réservoir destiné à arroser les tourillons des laminoirs et des arbres de la transmission, et à remplir la bâche des puddleurs placés près des fours.

Les chaudières sont pourvues d'eau par la pompe alimentaire placée sur chaque machine à vapeur, et par de petites machines d'alimentation spéciales; l'eau d'alimentation est chauffée à près de 100° par la vapeur d'échappement des machines.

Nous allons maintenant examiner en détail les parties principales du matériel de la forge qui offrent des particularités intéressantes, telles que les transmissions par courroies; les dispositions nouvelles du petit train à guide T^4, pour la fabrication des petits fers, et aussi celles des fours à puddler avec chaudières à vapeur, et à ce sujet nous entrerons dans quelques considérations essentielles encore peu connues, qui nous sont fournies par M. de Mastaing sur le puddlage.

TRANSMISSIONS PAR POULIES ET COURROIES.

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 3 ET 4, PL. 6 ET 5 A 9, PL. 7.

Les fig. 3 et 4, pl. 6, représentent, en élévation et en plan, les poulies qui transmettent le mouvement de la deuxième turbine aux trains de laminoirs moyens-mill et petits-mill, ou trains cadet et à guides.

Les fig. 5 et 6 de la pl. 7 indiquent également, en élévation et en plan, la transmission par poulies et courroies de la première turbine aux trains à gros fers.

Les fig. 7, 8 et 9 représentent, en projection verticale et horizontale et en vue de côté, la transmission de la machine à vapeur aux trains à guides.

Les fig. 10 à 15 sont des détails de cette transmission par courroies.

(1) Nous avons donné dans le 1er vol. de notre *Traité des moteurs à vapeur*, une note détaillée sur la construction de cette cheminée.

Le fer puddlé, cinglé au marteau, puis laminé, dressé, pesé et cisaillé, est ensuite mis en paquets et réchauffé dans des fours ad hoc afin d'être de nouveau laminé dans les appareils ordinaires usités pour ces opérations. Aux forges de Rachecourt, le trait le plus saillant à remarquer à ce sujet est sans contredit l'emploi des courroies appliquées à faire marcher les trains de laminoirs.

La turbine D, comme nous l'avons vu, transmet le mouvement aux trains T et T′, (fig. 1, pl. 6) au moyen du mécanisme représenté en détail par les fig. 5 et 6, pl. 7, et la turbine D′ commande les trains T^2 et T^3, au moyen du mécanisme représenté par les fig. 3 et 4 de la pl. 6.

L'arbre vertical de cette deuxième turbine D′, porte à la partie supérieure une roue d'angle, de 132 dents et de 4^m^200 de diamètre, laquelle engrène avec un pignon d'angle *p′*, de 33 dents et de 1^m^050 de diamètre. Sur cet arbre est calée une grande poulie-volant P, de 5^m^600 de diamètre, et qui n'a pas moins de 0^m^900 de largeur de jante; cette dernière est composée de deux parties bombées de 0^m^450 de largeur chacune, représentant ainsi deux poulies juxtaposées.

Deux courroies placées sur cette poulie transmettent le mouvement, l'une à la poulie volant Q, de 2^m^800 de diamètre, placée en tête du train cadet T^2; l'autre à la poulie-volant Q′, de 1^m^50 de diamètre, placée en tête du train-guide T^3.

La vitesse de la turbine est réglée à 22,5 tours par minute, afin que la vitesse de l'arbre moteur, muni de la poulie P, soit animée dans le même temps d'une vitesse de :

$$\frac{4^{m}200 \times 22^{t}5}{1^{m}050} = 90 \text{ tours.}$$

Ce qui donne pour la vitesse du train cadet T^2, commandé par l'intermédiaire de la poulie Q :

$$\frac{5^{m}600 \times 90^{t}}{2^{m}800} = 180 \text{ révolutions par } 1',$$

et pour celle du train à guides T^3, commandé par la poulie Q′ :

$$\frac{5^{m}600 \times 90^{t}}{1^{m}500} = 336 \text{ révolutions.}$$

La vitesse de translation des courroies motrices est, pour les deux trains, de

$$\frac{5,600 \times 314,16 \times 90^{t}}{60'} = 26^{m}385 \text{ par seconde.}$$

Cette vitesse rectiligne, de plus de 26 mètres par seconde, permet aux courroies, avec leur grande longueur, de transmettre l'énorme puissance du moteur, de 90 à 100 chevaux, aux laminoirs avec une parfaite régularité, sans choc et sans risque d'accident.

Le poids de la poulie-volant P est de 18,000 kilogrammes environ, dont 9,500 pour la jante, et le complément pour les bras et le moyeu. La poulie Q pèse 12,000 kilogrammes, et celle Q′, 7,000 kilogrammes.

La poulie P est composée d'un brassard en deux parties, fondue chacune avec quatre bras; elles sont reliées par leurs moyeux au moyen de six forts boulons (Voy. fig. 3); la jante est composée de huit segments, chacun d'eux est un quart de cercle; leur rapprochement constitue donc deux poulies accolées; les joints de l'un correspondent au milieu des segments de l'autre, et cette disposition donne une grande solidité à l'ensemble. Pour éviter l'entraînement de l'air, tous les vides entre les bras et la jante sont garnis de bois sur les deux faces, de sorte que la poulie présente de chaque côté une surface pleine et unie.

La poulie Q est composée d'un anneau extérieur fondu isolément d'une seule pièce, et d'un moyeu fondu avec cinq bras, et entre les bras une grande nervure ou toile qui les réunit deux à deux, ne laissant saillants que les bouts prismatiques des bras qui vont se caler dans des loges réservées à cet effet à l'intérieur de l'anneau; par cette disposition, la poulie présente une surface pleine et unie. Les trous ronds qu'on observe sur la fig. 3 entre les bras, servent à passer des chaînes ou autres engins quand on a besoin de manœuvrer ces poulies.

Au-dessous de la poulie P, à l'intérieur de la fosse qui reçoit le bâti en charpente B′ sur lequel sont fixés les paliers des arbres de transmission, est disposée une bâche en tôle *b′*, destinée à éviter que cette poulie ainsi que les courroies baignent dans l'eau qui, en s'infiltrant à travers les fondations vient parfois dans la fosse.

Les courroies en cuir ont 0m 350 à 0m400 de largeur; elles sont formées d'une seule épaisseur de cuir de 6 millimètres sur toute la largeur et doublée sur les bords, comme on le voit sur la fig. 16, pl. 6. Ces bordures sont cousues sur la courroie principale, et les différentes pièces dont cette dernière se compose sont également cousues entre elles au moyen de lanières plates; ce mode de jonction est le meilleur qu'on puisse employer.

Pour former la courroie et la tendre quand elle s'est allongée, ce mode d'assemblage serait trop peu expéditif, on emploie des rivets à tête comme celui indiqué fig. 17, ou bien comme celui à vis représenté fig. 18. On fait aussi usage de vis engagées dans le cuir, comme l'indique la fig. 19, mais si ce moyen est plus simple, il présente aussi moins de solidité.

L'arbre de la grande poulie-volant P, fait aussi mouvoir la pompe *p* et la cisaille à queue d^2, au moyen d'un renvoi d'engrenage et d'un excentrique qui commande à la fois, par la tige *e*, le balancier de la pompe, et, par le tirant croisillonné *e′* (fig. 3 et 4) et le levier e^2, la queue de la cisaille, qui sert principalement à affranchir les barres de fer fabriquées au train T^2.

La pompe élève de l'eau prise dans le canal de la turbine, dans un réservoir placé à 6^m00 de hauteur pour alimenter, comme nous l'avons dit, les fours et les laminoirs.

Le train T^3, commandé par la 2e turbine D', peut l'être aussi, comme on l'a vu, par la machine à vapeur M' qui actionne à la fois le train T^4. Cette machine, représentée par les fig. 7 et 8, pl. 7, est d'une force nominale de 60 chevaux, son cylindre a 0^m700 de diamètre intérieur sur 1^m00 de course. La puissance que ce moteur peut développer effectivement est beaucoup au-dessus de sa force nominale, d'autant plus qu'il est disposé pour marcher à volonté avec ou sans condensation.

Son volant V, de 6^m00 de diamètre, a une jante tournée, afin de former une poulie qui n'a pas moins de 0^m600 de largeur; il se compose d'un brassard en deux parties réunies ensemble par des boulons et des frettes, et d'une jante en quatre segments ; chaque segment est un demi-cercle, de sorte que toute la couronne de la jante se trouve réellement formée de deux parties accolées et boulonnées entre elles, les joints de l'une correspondant au milieu des segments de l'autre.

A côté du volant V est calé, sur le même arbre, un grand engrenage de 2^m855 de diamètre et de 115 dents, qui commande un pignon G', de 1^m763 et de 71 dents, monté sur un arbre intermédiaire A' qui s'étend sous le plancher de l'usine, dans une fosse disposée à cet effet, pour venir s'assembler à l'extrémité de l'arbre de la poulie-volant P, de la deuxième turbine D' (fig. 1 et 4, pl. 6).

Au moyen de cette transmission, que l'on peut embrayer ou désembrayer à volonté à l'aide du manchon à griffes s' (fig. 4), la machine à vapeur et la turbine se trouvent réunies, et peuvent suppléer au manque de force de l'une à l'autre. De plus, une partie de la puissance motrice de la machine peut s'appliquer au train T^3; de même une partie de la force de la turbine s'applique au besoin au train T^4. De cette sorte les trois trains T^2, T^3, T^4 peuvent marcher par la machine à vapeur ou par la turbine seule, ou bien par les deux moteurs travaillant ensemble.

L'arbre A' est en fonte, et comme il est placé dans une fosse où il échappe à la vue, on l'a monté dans des paliers graisseurs g, du système de M. Avisse (1), représentés en détail à l'échelle de 1/25, par les fig. 14 et 15 de la pl. 7. Ces paliers rendent de très-bons services principalement dans ce cas, en permettant de travailler sans graissage fréquent.

Pour la commande directe des trains T^3 et T^4 par la machine à vapeur, une courroie de 50 centimètres de largeur, placée sur le volant, va commander l'arbre g', en s'appliquant sur une poulie H, de 2^m00

(1) Dans notre étude sur les paliers graisseurs, vol. xi, nous avons donné une description détaillée de ce système.

de diamètre. La machine faisant 60 tours par minute, l'arbre g' en fait alors 180, car son volant-poulie ayant 6^m00 de diamètre, on a :

$$\frac{6^m \times 60^t}{2^m} = 180 \text{ tours.}$$

Deux poulies H′ et H^2, de 4^m50 de diamètre, sont montées sur ce même arbre g', pour transmettre le mouvement qu'il reçoit du volant V par la poulie H aux trains T^3 et T^4, au moyen des courroies h et h' (fig. 7) qui, partant de ces poulies H′ et H^2, vont s'appliquer sur les poulies-volants I et I′ placées en tête de ces trains.

Le diamètre de la poulie I est de 2^m50, et comme elle est commandée par celle H′, de 4^m50, qui fait 180 tours par minute, sa vitesse est alors de :

$$\frac{4^m500 \times 180^t}{2^m250} = 360 \text{ tours,}$$

tandis que la vitesse de la poulie I′, qui n'a que 1^m70 de diamètre, est de :

$$\frac{4^m500 \times 180^t}{1^m70} = 476,5 \text{ tours dans le même temps.}$$

Ces nombres de révolutions, résultat du calcul, sont modifiés à volonté, comme on le comprend, en faisant varier la vitesse de la machine motrice suivant les exigences du travail, et ils le sont aussi par le glissement des courroies qui tend à les diminuer. En pratique on peut admettre que le train T^4, marche à une vitesse de 400 à 420 tours par minute; c'est le but qu'on a voulu atteindre.

Le poids du volant V est de 8,000 kilogrammes. Les poulies H, H′, H^2 sont relativement construites légères. Le brassard et le moyeu des poulies H′ et H^2 sont fondues d'une seule pièce, comme on peut s'en rendre compte par les fig. 7 à 10 ; les bras sont des plaques à nervures, et la jante est un anneau avec deux joues, le tout n'ayant pas plus de 35 millimètres d'épaisseur moyenne.

La poulie H est un tambour sans bras, ajusté et boulonné sur les bras des poulies H′ et H^2. Les intervalles triangulaires entre les bras et la jante de ces dernières sont garnis de bois, afin que les poulies présentent des faces pleines et unies pour diminuer la résistance de l'air.

Les poulies I et I′, dont l'une est représentée en coupe fig. 11, pl. 7, sont composées d'un anneau i fondu séparément et d'un disque plein, au centre duquel est le moyeu. Ce disque est calé dans l'anneau au moyen de coins en bois introduits dans tout l'espace annulaire, et quatre cales en fer i' (fig. 7) ajustées entre des parties dressées, servent à centrer l'anneau avant d'introduire le coin en bois.

La disposition de l'arbre g', avec ses poulies, a pour objet de permettre l'emploi de poulies d'un plus grand diamètre sur la tête du train, que celles qu'on aurait en appliquant directement la courroie de la poulie-volant V sur les volants I et I′, d'où il résulte que ceux-ci

peuvent être beaucoup moins lourds, tout en ayant une plus grande puissance régulatrice; de plus, la vitesse à la circonférence y étant plus grande, la tension des courroies y est moindre, leur poids est diminué et les frottements amoindris. Enfin cette disposition permet de tendre à la fois toutes les courroies sans les découdre.

A cet effet, les paliers J qui supportent l'arbre g', et dont l'un est représenté en détail à l'échelle de 1/25e, fig. 12 et 13, sont montés à coulisse sur leur semelle, et en desserrant un peu les boulons j, on peut, en tournant la vis j', aisément les déplacer; quand ils sont à bout de course par suite de tensions successives, on les ramène à la position que représentent les fig. 8 et 12, et on raccourcit les trois courroies; mais cette opération ne se fait que de loin en loin, même quand les courroies sont neuves, et souvent après un ou deux jours de marche, elle n'est plus à répéter.

La transmission entre la première turbine D et les trains à gros fers T et T' représentée en détail fig. 5 et 6, pl. 7, a lieu comme pour la seconde turbine D', au moyen d'une grande roue d'angle de 4^m200 de diamètre, fixée à la partie supérieure de l'arbre vertical de la turbine, et engrenant avec le pignon p', de 1^m05 de diamètre au cercle primitif, calé sur l'arbre horizontal k qui reçoit la grande poulie K.

Cette poulie a 4^m200 de diamètre, sa jante, de 0^m84 de largeur, est double pour recevoir deux courroies qui ont chacune 0^m370 de largeur, afin de commander la poulie K (fig. 16, pl. 6).

La première de ces poulies, celle K, est, relativement à l'autre, de construction légère, son poids total est de 12,712 kilogrammes,

soit 3,675 kilogrammes pour le brassard et 9,037 pour la jante.

La seconde poulie K' devant faire volant, sur les deux trains T et T', est du poids total de 20,763 kilogrammes,

soit 5,555 kilogrammes pour le brassard et 15,208 pour la jante.

Son diamètre est également de 4^m20, et sa vitesse, comme celle de la première, varie de 60 à 100 tours par minute, selon les besoins du laminage.

Les dispositions de montage de cette transmission sont les mêmes que pour celles de la turbine D', précédemment décrites; à l'extrémité de l'arbre K est calé un pignon k' qui engrène avec une roue l, dont l'axe porte deux excentriques; l'un de ces derniers donne, par le tirant e' et la bielle e^2, le mouvement à la cisaille d' (fig. 1, pl. 6), et l'autre commande la pompe à eau p^2. En outre, le pignon k' actionne, au moyen d'un bouton de manivelle dont il est muni, et par l'intermédiaire des bielles l' et l^2, le squeezer S', ou presse à cingler la loupe (1), monté

(1) Nous avons donné les dessins détaillés de plusieurs appareils de ce genre dans le vol. VI de ce Recueil.

sur le bâti en charpente B^2, qui supporte les paliers des deux grandes poulies de transmission. Il y a également dans la fosse une bâche en tôle b^2 pour tenir la transmission à sec.

Comme nous l'avons dit en commençant, on a été amené à établir à Rachecourt ce mode de transmission par courroies (1), en remplacement des roues dentées, afin d'éviter des ruptures d'engrenages et de volants, et autres inconvénients plus graves et les désastres qui peuvent en résulter. De plus, le remplacement des engrenages cassés exige quelquefois un temps de chômage assez long, et la suspension subite de la fabrication qui est toujours onéreuse.

Depuis l'établissement des courroies, il y a bientôt une dizaine d'années, aucun accident ni arrêt ne s'est produit; ce mode de transmission a donc répondu à ce qu'on en espérait et même au delà. Aussi, pour les raisons qui viennent d'être exposés, il y a lieu de croire que ce système devra toujours être adopté quand on ne pourra pas commander les trains directement par des moteurs spéciaux marchant à la vitesse même de ces cylindres.

TRAIN DE LAMINOIR A GUIDES,

EXÉCUTÉ SOUS LA DIRECTION DE MM. THIRION ET DE MASTAING.

Ce train destiné à la fabrication des fers ronds de très-petits diamètres (4 ou 5 millimètres) pour tréfilerie, doit marcher à une très-grande vitesse, car ce fer se refroidit très-vite par cela même qu'il est très-mince, et comme on tient à ce qu'il ait une très-grande longueur, la durée du passage dans les cannelures est relativement longue; de plus, comme il faut passer le fer 15 ou 17 fois pour l'amener au diamètre convenable, il se refroidirait si l'on n'avait pas eu depuis longtemps l'idée de le faire passer simultanément entre plusieurs paires de cylindres. Mais en sortant du four la billette est très-courte (environ 0m40), et on ne peut pas augmenter la vitesse du train indéfiniment, parce qu'elle passerait si vite dans la première cannelure que les rattrapeurs ne pourraient la saisir, elle serait jetée par terre ou dans leurs jambes et cela occasionnerait des accidents.

Dans les trains ordinaires, ayant des cylindres de 0m220 de diamètre, ce qui correspond à une circonférence de 0m691, comme leur vitesse est de 320 tours par minute, la billette passe en 1/3 de seconde; on ne peut pas travailler plus vite, on comprend sans peine qu'il est déjà très-difficile pour les ouvriers de suivre une telle vitesse. Mais à la dernière cannelure, le fer étiré étant 400 fois plus long qu'en sortant de

(1) Ce système de transmission dont MM. Thomas et Laurens ont fourni les donnée numériques pour les dimensions nécessaires, a fait le sujet d'une demande de brevet d'invention aux noms de MM. Jacquot et Colas frères, maîtres de forges.

la première, met environ 130 secondes à passer, ce qui est beaucoup trop long.

Pour éviter les deux inconvénients contraires, on a établi à Rachecourt un équipage dégrossisseur dont les cylindres n'ont que 0m180, tandis que ceux du finisseur ont 0m225, il en résulte que si on fait marcher le train à 400 tours par 1' au lieu de 320, la billette passera dans la première cannelure en 0″325, soit près de 1/3 de seconde, ce qui donne le même résultat que dans le cas précédent, et que le fer étiré pourra franchir la dernière cannelure en 94 secondes, c'est-à-dire les trois quarts du temps employé précédemment.

Ces chiffres n'ont rien d'absolu; ils montrent seulement le parti qu'on peut tirer de la variation de diamètre pour améliorer les conditions du laminage; c'est ainsi qu'on verrait que la somme des longueurs successives du fer en sortant des cannelures étant huit fois celle du fer fini, la pièce, dans le premier cas, séjournerait 1000 secondes entre les cylindres, et seulement 860 dans le second; aussi le laminage est accéléré de 14 pour 100, et de plus le fer est ainsi travaillé d'autant plus vite qu'il est moins gros.

Pour faire marcher un train de laminoirs à une si grande vitesse, les ingénieurs ont recherché les conditions toutes particulières de stabilité et de fixité des organes dont il se compose. Ils ont posé tout d'abord toutes les cages sur un bâti de fondation en fonte, ayant à peu près la disposition d'un banc de tour.

DESCRIPTION DU TRAIN

REPRÉSENTÉ PAR LES FIGURES DE LA PL. 8.

La fig. 1 est une élévation d'ensemble du train de laminoirs à guides T[4] pour petits fers ou *machines*.

La fig. 2 est une élévation de la première cage, celle qui reçoit les pignons.

La fig. 3 en est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2.

La fig. 4 est une élévation d'une cage à trois cylindres, avec le banc ou bâti de fondation du train en coupe transversale.

La fig. 5 montre cette même cage en section faite suivant l'axe du train.

Les fig. 6 et 7 sont deux projections semblables aux figures précédentes, d'une cage à deux cylindres.

Les fig. 8 et 9 sont deux détails, à l'échelle de 1/10e de l'exécution, des assemblages des boulons à bascule qui effectuent le serrage des coussinets.

La fig. 8 est une section faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 4; et la fig. 9 une section suivant la ligne 1-2 de la fig. 2.

BATI ET CAGES. — Le bâti ou banc N n'a pas moins de 9m400 de longueur; il est fondu en deux pièces reliées bout à bout, et il repose sur des longrines en bois N'; le tout est fixé par des boulons de fondation *m* qui traversent les murs de la fosse N², disposée au-dessous du laminoir pour recevoir dans une gargouille *m'* (fig. 9, pl. 7) les eaux d'infiltration et celles employées pour l'arrosage des coussinets.

Les deux flasques qui forment le bâti sont reliées par des nervures transversales *n* (fig. 4 et 5, pl. 8), et leur partie supérieure est dressée sur trois faces. On peut aussi remarquer, principalement dans les fig. 2, 4 et 6, que les parties des cages R et R' ont des portées d'ajustage dressées, ce qui permet de les établir parfaitement d'aplomb sur le bâti, en un point quelconque de sa longueur; elles y sont maintenues par des calages dans les ergots, et par le serrage des boulons à crochet *n'* (fig. 1 et 4) passé dans les quatre trous ménagés à cet effet dans les ouvertures *o* (fig. 3, 8 et 9) du patin.

Enfin quatre boulons horizontaux *o'*, garnis de clavettes *o²* (fig. 1) et d'écroux *f*, maintiennent deux à deux l'écartement des cages d'un même équipage.

Le mouvement est transmis aux différentes cages par l'axe du milieu O, et tous les cylindres qui sont sur cet axe sont de niveau entre eux et doivent y être maintenus, ce qui est facile par la manière dont ils sont montés; disposition qui permet de transmettre la force en ligne droite.

La construction des cages offre cette particularité qu'on y a supprimé la nervure, ce qui a permis de diminuer leur largeur afin de donner aux ouvriers la faculté d'approcher plus aisément des cylindres.

Pour pousser les coussinets et les maintenir en pression contre les cylindres, MM. Thirion et de Mastaing ont appliqué une disposition nouvelle de leviers à bascule représentée en détail par les fig. 8 et 9.

A cet effet, à la hauteur de chaque coussinet, et latéralement de chaque côté dans l'épaisseur des montants de la cage, sont ajustés des boulons qui soutiennent les leviers à bascule *r'*. On voit qu'en tournant l'écrou *s* du boulon *r*, l'extrémité de cette bascule peut pousser le bloc S', et, par suite, le coussinet *s'*, contre l'épaulement du tourillon du cylindre; en desserrant l'écrou *s*, on peut dégager son talon *r²* de la cannelure dans laquelle il repose, et, tournant les bascules dans le sens vertical, retirer le bloc S' et le coussinet dans l'intervalle qui existe entre deux cages, sans être obligé de démonter les cylindres.

Cette disposition permet donc de remplacer un coussinet usé en un point quelconque du train, et aussi de pouvoir par là faire sortir un cylindre et le remplacer si c'est nécessaire.

Quand on agit sur les blocs S' par une vis de pression, comme on le

pratique ordinairement, le bout de la vis fait son trou dans e bloc, et en serrant les laminoirs on fausse la vis et on ne peut plus la faire bouger, ici tout cela n'est pas à craindre, les bascules agissent par une large surface sur les blocs et ne peuvent les entamer, et si cela avait lieu ce serait sans inconvénient.

Un autre avantage de cette disposition, c'est que l'on peut serrer les coussinets pendant la marche sans arrêter le train, et sans danger pour les ouvriers de se faire prendre dans les manchons. Pour atteindre ce but, des panneaux en planche ou en tôle sont placés verticalement entre les cages, comme l'indiquent les lignes ponctuées x' (fig. 1) et venant s'appliquer sur les bascules, de façon à constituer une sorte de cage fermée dans laquelle tournent les manchons; tous les écrous *s*, se trouvant en dehors, peuvent être serrés ou desserrés sans accident. Cette combinaison offre un grand avantage parce qu'on a toujours besoin pendant le travail de pouvoir ramener les cylindres pour faire coïncider la cannelure.

Cages a pignons. — Ce système de bascule est également appliqué aux cages à pignon R (fig. 2 et 3) pour serrer les blocs verticaux S^2 dans lesquels sont montés les coussinets en bronze s^2. Le pignon du milieu P' transmet une partie de la force sur la ligne des cylindres O qui lui font suite, en agissant par torsion comme un arbre de transmission, et une partie par les dents de la circonférence qui engrènent avec les pignons q et q'.

La pression mutuelle que les pignons exercent sur les dents l'un de l'autre, et qui peut s'élever à 1,000 ou 1,500 kilogrammes, est une force sensiblement horizontale qui se transmet horizontalement sur les coussinets; c'est pourquoi les constructeurs ont placé ces coussinets verticalement dans les blocs S^2, de plus, on peut voir que le laminoir, travaillant toujours dans le même sens, un seul des coussinets du pignon supérieur, soit celui de gauche, s'usera, ainsi que celui de droite du cylindre inférieur, tandis que les deux coussinets de celui du milieu soumis aux réactions à droite et à gauche des deux autres, s'useront également.

Pour effectuer le serrage correspondant à ces conditions diverses d'usure, on a placé à gauche deux coins t (fig. 2 et 3) pour agir sur le premier et le deuxième bloc, à droite deux coins t' pour agir sur le deuxième et le troisième. Ces coins sont suspendus deux par deux à une tige filetée du haut, de sorte que, en serrant les écrous t^2, on serrera les quatre coussinets, et comme généralement l'usure des quatre n'est pas identique, les coins t et t' sont suspendus à leurs tiges au moyen de clavettes coniques, qui permettent les différences de serrage nécessitées par chaque coussinet.

Pour le graissage des tourillons, on emploie du suif ou du savon sur lequel on fait couler de l'eau; à cet effet, chaque cage porte à sa partie

supérieure un large godet u dans lequel vient couler l'eau, ou qu'on peut disposer pour graisser à l'huile ou autrement.

On remarquera que tous les coussinets en bronze de la cage à pignons sont du même modèle, ils sont ajustés extérieurement sur le même calibre, et peuvent par conséquent être appliqués l'un pour l'autre; ils sont taillés à queue d'aronde, afin de bien tenir dans le bloc et surtout pour qu'ils n'aient pas une tendance à tourner dans leurs ajustements comme font les coussinets à six ou à huit pans. Le pignon du milieu P' est en bronze sur un arbre en fer, et les deux autres q et q' sont en fonte.

Cages a cylindres. — Il y a à distinguer celles dans lesquelles sont montés trois cylindres travailleurs et celles où il n'y en a que deux. Dans ces trains de laminoirs, le dégrossisseur seul a trois cylindres U, U' et U^2. Le cylindre du milieu U' doit rester à un niveau constant, comme on l'a vu plus haut; à cet effet, le bloc sur lequel il repose est monté fixe sur deux consoles u' (fig. 4) venues de fonte avec la cage; le cylindre inférieur U tourne sur un coussinet qui repose sur un coin plat v, dont la partie droite horizontale peut glisser sur le bas de la cage dressé pour le recevoir. Ce coin, déplacé convenablement, permet de régler exactement la position de ce cylindre par rapport à celui supérieur U', de façon à bien établir leur contact circonférentiel; on fait avancer le coin v en frappant sur sa queue qui dépasse la cage, ce qui peut se faire pendant la marche; pour le maintenir en position et empêcher qu'il se desserre par la trépidation du laminoir, un écrou v' est monté sur le bout opposé de la tige.

La position du cylindre supérieur U^2 peut de même être réglée de façon à être amenée à la distance voulue du cylindre U', au moyen du coin v^2, dont la disposition est semblable à celle du coin v. Ainsi le cylindre U' est fixe, et ce sont les cylindres U et U' qui s'en approchent ou s'en écartent à volonté. La vis de pression V' qui traverse le sommet de la cage serre le tout, par l'intermédiaire d'une boîte de sûreté X.

Lorsqu'on passe le fer entre les cylindres inférieurs U et U', le cylindre U' tend à se soulever, et les tourillons du cylindre U^2 se trouvent serrés dans leurs coussinets qui éprouvent ainsi tous deux un frottement égal à celui qui se produit sur les coussinets de U et de U', ce qui double le travail résistant indispensable du laminoir. Pour empêcher cet effet, tous les blocs sont de la plus grande rigidité possible, et on a interposé des cales en fer y (fig. 4) destinées à transmettre la pression du cylindre U^2 à la vis sans serrer le tourillon du cylindre U^2 qui, à cet effet, est monté un peu libre. Les quatre cales y permettent aussi de serrer la vis à fond, sans produire un serrage et par suite des frottements inutiles dans le laminoir dont les cylindres peuvent tourner librement dans leurs coussinets, quoique ceux-ci soient fixés d'une manière inébranlable.

Le graissage des laminoirs se fait surtout au moyen de suif de mou-

ton, on en place des morceaux contre les tourillons qui s'échauffent et le font fondre, de plus l'eau qui coule sur le train doit aussi aller dans les coussinets; c'est pour faciliter ces résultats qu'on a taillé en pente la surface supérieure des blocs en fonte, et que dans ceux-ci on a incrusté totalement le coussinet en bronze.

Tous les coussinets du train sont exactement du même modèle, ils peuvent aller à gauche ou à droite à volonté; taillés en queue d'aronde, ils ne peuvent pas tourner dans leurs assemblages, ni tomber quand on manœuvre les blocs dans le montage ou le démontage du train.

A la suite du dégrossisseur, se trouve l'équipage à cannelures ovales, appelé gros oval; il n'y a que deux cylindres travaillant : le cylindre U est supprimé, le cylindre U′, comme dans le cas précédent, repose sur des consoles venues de fonte à la cage, et le cylindre supérieur U^2 est monté sur un bloc inférieur suspendu à des boulons y', disposés comme ceux de la cage des carrés (fig. 6).

Ordinairement, on employait un faux cylindre sans cannelure et d'un diamètre égal à celui des tourillons, pour transmettre le mouvement entre le cylindre inférieur du premier équipage et celui du troisième; mais ce faux cylindre, avec son attirail d'allonges, de manchons, de coussinets, prend une force inutile. C'est pourquoi ici on l'a remplacé par un arbre en fer qui franchit la distance du premier équipage au troisième sans toucher à rien, et, par conséquent, sans consommer de travail de frottement. Il présente aussi l'avantage que dans ce train, où l'on a admis des cylindres dont le diamètre va croissant, l'obliquité de cet arbre est d'autant moindre qu'il est plus long, ce qui fait que la transmission du mouvement, sans être tout à fait rectiligne, se produit néanmoins dans les meilleures conditions possibles.

Le quatrième équipage, dont les cylindres portent des cannelures ovales très-petites, est monté exactement comme le deuxième.

Le troisième équipage n'a que les cylindres inférieurs qui travaillent, on a de même complétement supprimé le faux cylindre à sa partie supérieure, et un arbre de transmission O′ (fig. 1 et 6) donne le mouvement du deuxième au quatrième équipage; au passage de cet arbre dans les cages (fig. 6), on a placé une sorte de pont en fonte Y, qui transmet la pression de la vis au bloc S′ du cylindre U′.

Ce cylindre est supporté par un bloc inférieur suspendu au sommet de la cage au moyen des boulons y', qui permettent de le maintenir au niveau convenable, en compensant l'usure de ses coussinets, la position du cylindre U est réglée au moyen de cales placées sous ses coussinets.

Le montage du cinquième équipage ou finisseur est le même que celui du troisième.

Nous avons décrit toutes les particularités intéressantes que présente ce train. Pour tous ses organes accessoires, tels que les manchons, al-

longes, embrayages, les plaques de garde, les guides, on a conservé les dispositions habituelles qui sont bien connues et sur lesquelles nous ne croyons pas nécessaire de nous arrêter.

TRAVAIL DU TRAIN.

Le travail du fer est effectué sur ce train de laminoir, comme nous l'avons dit, en 15 ou 17 passages dans les cylindres. L'équipage dégrossisseur a des cannelures ogivales, ovales et carrées; le fer y est passé dans 7 cannelures. Ensuite on le travaille simultanément dans le gros oval, et le carré, passant dans une cannelure ovale, puis dans un carré, revenant à l'ovale, puis allant au carré, etc., soit 4 fois, ce qui fait 8 passages; enfin, il passe une fois dans une petite cannelure ovale, et une fois dans une cannelure ronde du finisseur. Ensuite, il est enroulé sur des bobines en couronne d'environ $0^m 600$ de diamètre qu'on fait refroidir lentement en le mettant dans des cylindres en fonte enterrés dans le sol.

La production ordinaire des trains était, en origine, de 6,000 kilogrammes en 12 heures, et maintenant avec les trains perfectionnés et les améliorations introduites dans le service des fours, et surtout avec l'habileté acquise par les ouvriers qui font spécialement cette fabrication, on produit 9 à 10 tonnes dans le même temps.

FORGES DE RACHECOURT

FOURS A PUDDLER

AVEC GÉNÉRATEURS A VAPEUR

(PLANCHE 9.)

THÉORIE DE L'AFFINAGE DU FER,

PAR M. DE MASTAING, INGÉNIEUR A PARIS.

Pour compléter les documents relatifs à la forge de Rachecourt, il nous reste à faire connaître l'installation des fours à puddler qui y sont établis, et qui se distinguent à la fois par leur disposition générale et par l'application des chaudières à vapeur que l'on a placées au-dessus de chacun d'eux, afin d'utiliser la chaleur perdue et de produire ainsi, sans dépense de combustible, la vapeur nécessaire à la marche des moteurs et des marteaux-pilons.

Nous avons déjà publié, dans le XIe volume, un système de four à puddler dit à haute température, de M. Corbin-Desboissière, qui s'est beaucoup occupé de pyrotechnie, et à ce sujet nous avons donné, d'après cet ingénieur distingué, des considérations rationnelles sur le puddlage du fer. Nous croyons qu'on ne verra pas sans intérêt un nouvel article sur une question anssi importante. Nous devons à M. de Mastaing, ingénieur de mérite et professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures, la communication d'une nouvelle théorie sur l'affinage du fer. Comme en général c'est un sujet peu connu et qu'il est réellement d'une grande importance dans la métallurgie, nous avons jugé utile de l'ajouter à la suite de la description des fours à puddler.

Comme on l'a vu sur le dessin d'ensemble pl. 6, et comme on peut mieux le voir encore par les figures de la pl. 9, le système établi à Rachecourt forme des groupes de quatre fours, montés sur deux massifs, séparés par un corps de cheminée contenant quatre gaînes ; dans chaque massif il y a deux fours placés bout à bout et tournés en sens opposés, de manière que les sorties de fumée se trouvent rapprochées dans le milieu.

Au-dessus de chaque massif est une chaudière à vapeur, montée dans un fourneau supporté sur un système de murailles en fonte, à une certaine distance au-dessus des foyers, de manière à permettre facilement de réparer les voûtes de ceux-ci. La chaudière, de 1^{m}00 de diamètre et de 10^{m}00 de longueur, présente une surface de chauffe de 18 mètres carrés.

DESCRIPTION DES FOURS

REPRÉSENTÉS SUR LE DESSIN PL. 9.

La fig. 1 est une élévation longitudinale faite, partie en coupe verticale suivant l'axe d'un massif, et partie en vue extérieure sur la face de travail d'un four à puddler.

La fig. 2 est un plan général du groupe; la partie de gauche montrant, vu en dessus, les deux massifs contenant les deux chaudières, et celle de droite, une coupe horizontale de l'un des deux fourneaux de ces chaudières et une section d'un des quatre fours à puddler; au milieu du groupe, on voit la cheminée à quatre gaînes.

La fig. 3 est une vue par bout en élévation de l'ensemble du groupe.

La fig. 4, une coupe transversale passant par les carneaux de circulation de fumée autour de la chaudière, et par le cassin du four à puddler, suivant la ligne brisée 1-2-3-4 (fig. 2), montrant en coupe un four à puddler et la circulation de la fumée autour de la chaudière.

Four a puddler. — Il est composé, comme tous les appareils de ce genre, d'un foyer A, muni de la grille *a*, au-dessous de laquelle se trouvent

le conduit *b*, d'une sole de travail B et d'un petit four ou cassin C. La sole B est séparée du foyer par le grand autel ou pont de chauffe *c*, et du cassin par le petit autel *d*. Ces autels sont construits en plaques de fonte et en briques réfractaires, de manière à former des conduits d'air dont on voit les orifices *i* et *i'* sur la vue extérieure fig. 1 ; ces conduits se ramifient avec ceux qui font tout le tour de la sole. Le fond de celle-ci est composé de plaques de fonte juxtaposées, et le dessous communique avec l'air extérieur par le cendrier.

La sole et le foyer sont recouverts d'une voûte en briques réfractaires; le cassin C a ses parois et sa voûte en briques de même nature; à la suite de celui-ci est disposé le carneau D, qui conduit les flammes sous la chaudière à vapeur. Les flèches (fig. 1, 2 et 4) indiquent leur parcours autour de la chaudière et leur entrée dans la cheminée H, en fermant le registre *f* et en ouvrant celui *g*, la flamme passe directement dans la cheminée. La maçonnerie des deux fours est consolidée, comme cela se pratique habituellement, par d'épaisses plaques de fonte et des armatures nervées de même métal *k*, reliés par des boulons.

Le charbon se charge sur la grille à travers l'ouverture *h* (fig. 1 et 2), appelée tocquerie, qu'on bouche en la laissant pleine de charbon; le four B et le cassin C sont fermés par des portes à coulisse en fonte *j* et *j'*, garnies de brique réfractaire et manœuvrées au moyen des leviers *l*; ces portes ont à leur partie inférieure un regard *n*, par lequel on passe les outils pour travailler dans le four; l'orifice *m* sert à faire sortir les scories qui sont en excès dans le four.

Une grue *p* (fig. 1) sert à faire passer dans le four les morceaux de fonte chauffés au rouge dans le cassin. A cet effet, l'ouvrier se sert d'une sorte de pelle plate en fer, appelée spadelle, dont il pose le manche dans le crochet qui termine la chaîne de la grue, il l'introduit dans le petit four sous ces morceaux de fonte, il tire à lui, et la grue tourne supportant le poids qui y est suspendu, et en tournant l'amène devant la porte *j* du four B, où l'ouvrier dépose le morceau de fonte ; un aide, placé derrière, ouvre et ferme alternativement de chaque main la porte à coulisse du four et du cassin.

Les deux chaudières à vapeur L et L' n'ont pas de bouilleurs, ce sont deux capacités cylindriques timbrées à 5 atmosphères, et munies chacune d'un réservoir de prise de vapeur F, avec trou d'homme *u* pour le nettoyage, et soupape de sûreté *s*. Ces réservoirs sont de plus garnis de tubulures sur lesquelles sont appliqués les tuyaux avec robinets de distribution; les deux tubulures principales sont reliées par le tuyau T, qui conduit la vapeur aux marteaux-pilons. Un autre tuyau *t* amène la vapeur dans le tiroir de distribution de la petite machine d'alimentation M, dite *petit cheval,* qui refoule l'eau dans l'intérieur des deux chaudières par les tubes M'.

Un indicateur de niveau d'eau G, avec flotteur et soupape de sû-

reté *s'*, est encore appliqué sur chaque corps de chaudière, afin qu'elle soit pourvue de tous les appareils de sûreté réglementaires.

Les fourneaux dans lesquels sont renfermés les deux corps cylindriques sont maintenus au-dessus des fours à puddler, de façon à être complétement indépendants, par les forts bâtis en fonte N, sur lesquels viennent reposer des longrines de même métal N', à sections T, renflée vers le milieu de leur longueur. Des armatures en fonte *r*, avec boulons *r'* formant entretoises, relient en outre toute la maçonnerie.

Pour surveiller les appareils de sûreté, manœuvrer les robinets, etc., on peut arriver et circuler aisément sur les chaudières qui sont garnies à cet effet d'une rampe à balustrade U régnant tout autour, et de deux escaliers V et V', permettant de se rendre sur le plancher où le petit cheval est installé, et de là sur les chaudières proprement dites.

THÉORIE CHIMIQUE DE L'AFFINAGE DU FER,

PAR M. DE MASTAING, INGÉNIEUR.

Le fer impur produit par le haut fourneau à l'état de fonte, est accompagné d'autres métaux, qui sont principalement le manganèse et l'aluminium, et de métalloïdes, qui sont le soufre, le phosphore, le silicium et le carbone. Les deux premiers métalloïdes peuvent former avec le fer des combinaisons définies; les sulfures et les phosphures de fer, susceptibles de se dissoudre dans le métal; les deux autres s'unissent au fer en toutes proportions, et, faute d'avoir isolé des combinaisons définies, on est porté à croire que c'est une simple dissolution.

Quoi qu'il en soit, la pratique a conduit industriellement à séparer du fer les matières étrangères qui lui sont associées, en opérant par voie d'oxydation de ces matières.

Aux températures élevées auxquelles on opère, toutes ont pour l'oxygène plus d'affinité que le fer, et ce sont précisément celles qui ont le plus d'affinité pour l'oxygène (phosphore, soufre, silicium) qui sont le plus nuisibles aux qualités du fer; le manganèse, dans les proportions où il se trouve dans le fer et l'acier, n'exerce aucune influence appréciable sur leur qualité; le carbone, en faible proportion, donne au fer de bonnes qualités et est indispensable aux élaborations métallurgiques; à plus forte dose, il constitue l'acier, produit supérieur au fer sous plusieurs rapports; le phosphore rend le fer tendre et cassant à froid, le soufre le rend cassant à chaud, le silicium le rend aigre et insoudable. Ces substances exercent sur les qualités de l'acier une influence encore plus funeste que sur celles du fer.

Ainsi donc, le but capital de l'affinage sera d'enlever ces matières. Or, l'oxydation que l'on peut exercer sur la fonte se produit soit par l'action de l'oxygène libre de l'air atmosphérique, qui est la plus éner-

gique qu'on puisse employer, soit par l'action de l'oxygène de l'oxyde de fer des scories, laquelle sera plus énergique, si les scories sont basiques, c'est-à-dire riches en oxyde de fer, que si elles sont acides, c'est-à-dire pauvres ou chargées d'oxyde de fer.

Aussi la fonte étant soumise à l'action directe de l'air, du fer, du manganèse, du phosphore, du soufre, du silicium, du carbone, sont brûlés dans la proportion pour laquelle ils entrent comme éléments constituants de la fonte, et le produit fixe de cette réaction est une scorie très-basique, vu l'abondance du fer dans la fonte; si on la laisse sur le métal en fusion, et que par le brassage on multiplie le contact des surfaces, elle oxydera du manganèse, du phosphore, du soufre, du silicium, du carbone, mais point de fer évidemment; au contraire, le fer qu'elle contient se réduira à l'état métallique, et la dose de silice et d'acide phosphorique augmentera et la scorie deviendra neutre. Alors son action oxydante sur le manganèse et le carbone cessera; elle continuera à oxyder le phosphore, le soufre et le silicium, vu leur bien plus grande efficacité pour l'oxygène; il doit donc venir un moment où son action oxydante cesserait même par rapport à ces substances : mais comme nous avons alors affaire à un sel acide de protoxyde de fer soumis nécessairement à l'action du courant d'air du fourneau, le protoxyde de fer, à la surface du bain de scories, se transformera en peroxyde, lequel, rencontrant le fer du bain métallique, en dissout continuellement de nouvelles quantités, maintenant ainsi la scorie dans un état assez riche pour agir sur les matières étrangères précipitées, mais non sur le carbone.

Quand ces matières étrangères auront entièrement disparu, leur effet appauvrissant cessant d'avoir lieu, et l'effet enrichissant du courant d'air continuant d'agir, la scorie redeviendra assez riche spontanément pour attaquer le manganèse et le carbone. Si le métal contient du manganèse, il s'oxyde avant le carbone, la présence du carbone maintient la fonte fluide pendant tout le temps que le manganèse met à passer dans les scories; par conséquent, tout ce temps peut être consacré au brassage du métal au contact de la scorie riche. Or, il est évident que moins la proportion de matières étrangères (phosphore, soufre, silicium) restant dans la fonte est élevée plus il est difficile de les atteindre; il faut donc, pour obtenir la plus grande purification, agir sur elles avec la scorie la plus riche possible, et exercer en même temps un brassage énergique, qui amène toutes les parties du métal en contact de cette scorie purificatrice. Le manganèse permet donc de purifier le métal sans le décarburer. Il faudra élever la température pour augmenter la fluidité du métal des scories, et rendre ainsi le brassage plus efficace et pour exalter les actions chimiques.

L'affinage se pratique dans les petits feux d'affinerie de la méthode allemande à peu près suivant les principes qui viennent d'être énoncés.

En fondant la fonte dans le vent des tuyères, on fait la première scorie, celle-ci devient bientôt pauvre en absorbant la silice du métal; tant qu'elle est pauvre on brasse, et quand elle devient riche, cela démontre que le silicium et le phosphore sont éliminés, donc l'on peut décarburer; le plus vite sera le mieux; aussi on enrichit la scorie par l'action plus directe du vent des tuyères, par l'addition des bâtitures, le soulèvement commence, l'oxyde de carbone en se dégageant produit un brassard incomparablement plus énergique que celui des ringards, et en peu de minutes la décarburation se fait.

Dans la méthode anglaise primitive, le finage était l'opération par laquelle on enlevait les matières étrangères et la formation des scories riches était l'indice de la fin de l'opération.

Les scories riches diffèrent des scories pauvres par leurs propriétés physiques, elles sont pâteuses, mal fluides, se figent lentement, s'attachent aux ringards, leur cassure est demi-métallique, gris terne; les scories pauvres sont très-fluides, se figent très-rapidement, se détachent aisément des ringards, leur cassure est métallique, gris brillant. C'est, bien entendu, par ces caractères physiques seulement que les ouvriers peuvent les distinguer les unes des autres. Elles diffèrent beaucoup par leurs propriétés chimiques, les scories pauvres contenant à peu près un poids d'oxyde de fer égal à celui de la silice, tandis que dans les scories riches le poid de l'oxyde de fer est jusqu'à dix fois celui de la silice.

Le produit du finage, appelé fine-métal, était décarburé dans un four à réverbère, au milieu du courant de flammes sans fondre le métal; on y a renoncé pour réunir les deux opérations en une seule par la création des fours bouillants; ceux-ci sont disposés de manière que la fonte y est mise en fusion complète, tel est celui que nous venons de décrire. Il comprend trois compartiments : celui du foyer A, celui de la sole de travail B et le petit four C (fig. 1 et 2, planche 9). On voit que les plaques en fonte qui forment la sole sont exposées à l'action de l'air extérieur qui arrive librement en dessous; les deux autels sont traversés par des conduits d'air réservés dans leur épaisseur, enfin les parois latérales de la sole sont également entourées de carneaux à air; ceux-ci sont mis en communication avec la cheminée des fours qui y produit un renouvellement d'air très-rapide.

La sole *v* est garnie intérieurement d'une couche de huit centimètres d'épaisseur de matières assez réfractaires pour ne pas fondre, et qui puissent exercer une action oxydante; on y emploie de la ferraille oxydée, des minerais oligistes très-réfractaires, entassés, serrés, peu fusibles, ou des débris de vieilles soles, le tout fondu superficiellement et bien uni; les parois se garnissent de même que la sole, mais on y emploie aussi des pierres calcaires, surtout quand on traite les fontes phosphoreuses; ces pierres en cuisant font de la chaux qui est bien réfractaire, qui sa-

ture l'acide phosphorique et la silice et remplace l'oxyde de fer comme base neutralisant ces acides, ce qui diminue les déchets.

Nous avons vu qu'il était nécessaire de développer une température très-élevée pour obtenir un bon affinage ; l'effet de cette température serait de faire fondre la sole et les parois du four sous l'action des scories, si ces parties du four n'étaient refroidies extérieurement par le courant d'air froid, de sorte que leur surface interne est en fusion, tandis que l'extérieur reste solide ; cela n'est possible qu'avec une faible épaisseur ; c'est un fait analogue à celui qui permet, comme on le démontre en physique, de faire bouillir de l'eau dans une feuille de papier. Sous cette action simultanée de la température qui tend à faire fondre la sole par les scories et du courant d'air qui l'empêche de fondre, celle-ci acquiert une épaisseur correspondante à l'équilibre de ces tendances antagonistes.

Voici comment se fait le puddlage : il reste dans le four des scories de l'opération précédente, ce sont des scories riches ; on répare, s'il y a lieu, la surface de la sole, et les parois ou cordon ; la fonte en saumons se trouve dans le petit four où elle a chauffé pendant l'opération précédente ; on l'apporte sur la sole, on en met d'autre dans le petit four, on nettoye bien la grille, on met du charbon frais, on ferme et on bouche bien toutes les portes, puis on fait un feu très-vif pour chauffer fortement le four, lui faire acquérir une haute température qu'il perdra peu à peu par la suite du travail, et fondre rapidement la fonte qui ne doit pas rester longtemps exposée à l'action directe du courant d'air (on a même proposé de la verser toute fondue sur la sole du four à puddler, ce doit être une excellente pratique).

Cette fonte est vite attaquée par la scorie riche, il y a un peu de décarburation à ce moment ; mais par l'abondance du silicium, la scorie s'appauvrit vite, devient bien fluide, surnage la fonte et ne la décarbure plus. Il faut que les choses restent ainsi pendant toute la période du brassage qui commence ; à cet effet, il ne faut mettre ni scorie riche ni bâtiture dans le four, et il faut y faire une flamme fumeuse pour éviter la tendance qu'a la scorie à s'enrichir par l'action d'une flamme oxydante ; il faut profiter de ce que la fonte et la scorie sont bien fluides, tant à cause de leur composition qu'à cause de la température acquise par le four au commencement de l'opération, pour faire un brassage énergique qui, amenant toutes les parties du métal au contact de la scorie, brûle les matières étrangères. On doit laisser écouler les excès de scories pauvres qui se produisent, car elles tendent à dissoudre du fer pour s'enrichir, par conséquent à faire des déchets inutilement.

Quand les scories deviennent riches, malgré tout ce qu'on a fait pour l'éviter, c'est un signe que les matières étrangères sont éliminées ; alors on peut procéder à la décarburation, et il y a intérêt à l'exécuter promptement, car cette période de l'opération se fait au contact et avec

production de scories riches, donc, a une tendance à produire un grand déchet. Pour cela on réunit tous les moyens d'oxydation, on pique la grille, on augmente le tirage, on fait un feu vif à flamme bien oxydante qui a l'avantage d'élever la température, on charge de scories riches et de bâtitures, et on continue le brassage ; bientôt le carbone est attaqué, l'oxyde de carbone se dégage avec un fort bouillonnement qui mélange les matières, et le fer ne tarde pas à prendre nature en flocons neigeux disséminés dans le four, lesquels augmentent rapidement en abondance et tendent à se réunir en une seule masse étalée sur la sole du four.

Il est évident que dans cette période de bouillonnement et d'oxydation énergiques, les faibles proportions de matières étrangères qui n'ont pu être enlevées dans la première période sont éliminées en même temps que le carbone.

On divise la masse en six parties dont on fait six balles qu'on range derrière le pont de chauffe, on élève fortement la température, ce qui complète autant qu'il est nécessaire la décarburation du fer, on sort les boules du four dans l'ordre où elles ont été faites, et on les porte au cinglage.

Si c'est de l'acier qu'on veut obtenir, la période de brassage devra être plus prolongée puisque les matières étrangères sont plus nuisibles à l'acier qu'au fer, et que les traces de ces matières qui pourraient rester dans le métal à la fin de cette période ne sauraient en être séparées dans la période de décarburation, celle-ci n'étant pas menée à complet achèvement.

La période de brassage devra, s'il est possible, se produire avec un courant d'air moins oxydant dans le four, afin que la scorie ne s'enrichisse pas au point de décarburer le métal, et comme cette marche à flamme réductrice abaisse la température, on rend parfois les scories plus fluides par l'addition de sel marin et de manganèse ; quand la scorie riche paraît, on élève fortement la température, le feu est alors oxydant et la décarburation commence ; pour la modérer, il faut de nouveau ralentir la combustion et finir ainsi l'opération avec un feu modéré en utilisant la chaleur acquise par le four au moment du coup de feu qui suit le brassage.

Quand le métal a pris nature sous le bain de scories, on forme une première loupe qu'on sort rapidement du four pour être portée au cinglage, et ainsi des autres qui ne doivent pas séjourner dans le four.

Nous avons dit que dans la période de décarburation, le fer perd les dernières traces de matières étrangères ; il ne peut en être de même pour l'acier, puisque la décarburation est faite incomplétement ; c'est pourquoi les aciers obtenus par l'affinage des fontes ne peuvent atteindre au degré de qualité de ceux obtenus par la cémentation des fers les plus purs qui ont été affinés radicalement dans les meilleures conditions. Quand la fonte contient du manganèse, celui-ci permet de maintenir la

scorie riche au contact de la fonte sans la décarburer, puisque c'est sur lui que se porte l'action oxydante; de plus, il produit des scories plus fluides; on peut donc alors, malgré le refroidissement continu du four, prolonger le brassage au contact d'une scorie riche qui agit plus efficacement sur les matières étrangères; en même temps le four marche à une plus basse température, à laquelle l'acier n'est pas fusible, de sorte que celui-ci se solidifie et peut être mis en boule aussitôt formé au degré de carburation convenable.

Le phosphore et le soufre existent dans la fonte à l'état de sulfure et de phosphure de fer, ce qui est démontré, parce que ce sont les propriétés du sulfure et du phosphure et non celles du soufre et du phosphore que la fonte acquiert par leur présence.

Or, sous l'influence de l'action oxydante, le phosphure de fer donne du phosphate de fer, et on trouve, en effet, de l'acide phosphorique dans les scories, et l'on sait que les phosphates se fondent en donnant des verres comme les silicates. Quant au sulfure, l'action oxydante peut bien produire de l'acide sulfureux jusqu'à une certaine limite, mais l'affinité du soufre pour le fer est si grande que cette limite est bientôt atteinte; alors le sulfure qui reste, étant fusible, passe dans les scories. Quand le fer prend nature, il s'en sépare par liquation; ceci a encore lieu dans la formation des balles, et c'est le cinglage qui élimine mécaniquement ces dernières traces de soufre : enfin la même chose se produit dans le réchauffage et le corroyage du fer brut.

Le carbone ayant de l'affinité pour le soufre contribue à le maintenir dans le fer, de sorte que ce n'est que par la décarburation absolue du fer qu'on peut espérer d'éliminer totalement le soufre. Mais si la fonte contient du phosphore, celui-ci tend à chasser ensemble le soufre et le carbone, de sorte qu'une telle fonte n'est pas propre à la fabrication de l'acier; cependant elle donne de bons fers tendres qui sont convenables pour certaines fabrications, telles que le fil de fer. Ceci fait bien voir l'impossibilité de faire de bons aciers par l'affinage de la fonte, c'est-à-dire sa décarburation incomplète, dans les fours à puddler où l'on brûle de la houille toujours plus ou moins sulfureuse.

Pour résumer tout ce qui précède, disons que les principes à suivre pour l'affinage dans le four à puddler doivent être : de fondre la fonte le plus vite possible; à cet effet, la chauffer dans le petit four, la couvrir de scories, résidus de l'opération précédente, au lieu de la faire produire sa scorie d'affinage, exécuter le brassage sous une scorie peu riche, et dans les circonstances les moins favorables à son enrichissement, afin de conserver le carbone qui rend le métal fluide et par suite le brassage plus efficace, et ensuite décarburer à la plus haute température et sous l'action oxydante la plus énergique pour obtenir les fers les plus forts et les plus nerveux; pour fers à grains, former les boules dans la flamme réduisante et ne pas les laisser au four; pour acier, augmenter la fluidité

des scories par le sel et le manganèse, décarburer autant que possible au feu réducteur, choisir les fontes manganésifères, rejeter les sulfureuses, ne pas compter sur les phosphoreuses.

La place réservée dans ce Recueil à cette étude toute spéciale ne nous permet pas de détailler toutes les applications des principes que nous avons développés; nous dirons seulement qu'ils rendent compte des procédés pratiquement indispensables dans les différents cas, suivant la composition des fontes et la nature des produits qu'on veut obtenir, et des impossibilités de produire économiquement toutes les qualités de fer et d'acier avec une fonte quelconque.

Enfin, comme complément à ce qui précède, nous donnons la traduction d'une partie d'un mémoire publié dans le *Phylosophical-Magazine* (septembre 1857), par MM. Crace Calvert, professeur de chimie à l'institut polytechnique de Manchester, et Richard Johnson, sur les changements chimiques qu'éprouve la fonte brute pendant sa transformation en fer malléable. Ce mémoire, peu connu en France, contient dans sa première partie le détail de procédés analytiques employés, une description succincte de l'opération et se continue ainsi :

Le fer sur lequel nous avons fait nos expériences était de bon fer à l'air froid du Straffordshire; la fonte qui le produisait était un peu grise, de la qualité employée pour faire du fer à guides ou fonte grise n° 3. Sa composition était la suivante :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyennes.
Carbone.	2,320	2,230	2,275
Silicium.	2,770	2,670	2,720
Phosphore.	0,580	0.710	0,645
Soufre.	0,318	0,288	0,301
Manganèse et aluminium. . .	traces.	traces.	»
Fer.	94,059	94,059	94,059
	100,047	99,957	100,000

102 kilogr. de cette fonte furent introduits à midi précis, le 4 avril 1856, dans un four à puddler qui avait été soigneusement nettoyé et où il ne restait aucun petit fragment de fer malléable. Après 30 minutes, la fonte commença à se ramollir et à s'émietter facilement, et 10 minutes de plus étaient à peine écoulées, qu'elle était en pleine fusion. Le premier échantillon fut tiré du fourneau à 12h 40', pris dans le centre de la masse en fusion, au moyen d'une grande cuiller en fer; il fut coulé sur une dalle de pierre et abandonné au refroidissement.

Le tirage du four qui jusqu'alors avait été tenu ouvert en plein, fut alors à peu près fermé au moyen d'un registre placé au sommet de la cheminée, de sorte que des produits de la combustion sortaient par les portes ou les ouvertures du four, tandis qu'il ne s'en échappait que peu ou point par la cheminée.

Aspect de l'échantillon. — L'échantillon ainsi extrait ayant été cassé, n'offrait plus l'apparence de la fonte grise n° 3, mais il avait une cassure métallique blanc d'argent semblable à celle du fin métal. Le refroidissement rapide qu'il avait subi était sans aucun doute la cause du changement observé, car il

contenait à peu près la même quantité de carbone que la fonte brute employée, et, en outre, le carbone s'y trouvait dans un état fort analogue, car dans les deux cas, une grande quantité de flocons noirs de carbone flottaient dans la liqueur acide qui était employée à dissoudre le métal. Le tableau suivant donne la proportion de carbone et de silicium que contenait cet échantillon.

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	2,673	2,780	2,726
Silicium.	0,893	0,938	0,915

Ces résultats sont extrêmement intéressants, car ils montrent que la fonte a éprouvé, pendant les 40 minutes qu'elle a séjourné dans le four, deux modifications chimiques en sens contraire; car tandis que la proportion du carbone s'est accrue, celle du silicium a rapidement diminué. Ce fait curieux est encore mieux mis en évidence par l'échantillon qui a été tiré du four à 1 heure, c'est-à-dire 20 minutes après le dernier dont nous venons de donner l'analyse. C'est ce qu'on voit dans le tableau suivant.

	Carbone.	Silicium.
Fonte brute employée.	2,275	2,720
1er échantillon pris à 12h40'.	2,726	0,915
2e échantillon pris à 1h00.	2,905	0,197

Ainsi le carbone a augmenté de 0,625, soit 21,5 p. 100 de ce que contenait la fonte, et le silicium a diminué dans l'énorme proportion de 90 p. 100.

Il est probable que ces actions chimiques opposées sont dues, pour le carbone, à ce qu'un grand excès de ce corps, dans un grand état de division et même à l'état naissant, qui se trouve alors dans le four, se combine, sous l'influence de la haute température, avec le fer pour lequel il a une grande affinité, tandis que le silicium et une petite portion du fer sont oxydés et se combinent ensemble pour former du protosilicate de fer qui constitue la scorie produite dans la première période du puddlage, et qui joue un rôle si important dans les phénomènes ultérieurs de cette opération.

Deuxième échantillon pris dans le four a 1 heure. — Cet échantillon contenait les quantités suivantes de carbone et de silicium.

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	2,910	2,900	2,905
Silicium.	0,226	0,168	0,197

Il avait la même apparence, blanc d'argent, que l'échantillon n° 1, mais avec cette différence qu'il était légèrement malléable sous le marteau, au lieu d'être brisant comme l'échantillon n° 1.

La scorie, après le refroidissement, se trouvait à la partie supérieure du métal et n'était pas mélangée avec le fer métallique comme dans les échantillons suivants.

Troisième échantillon pris a 1h5'. — La matière contenue dans le four étant devenue très-fluide et commençant à se gonfler, entrait dans l'état appelé bouillonnement; on en prit une petite quantité avec la cuiller. Refroidi, il différait très-notablement des deux précédents; il était composé de petits globules adhérents entre eux et mélangés de scories; la masse n'était pas compacte comme

dans les deux premiers, elle était légère et spongieuse, elle était noire à l'extérieur et les petits globules métalliques qui la composaient présentaient dans leur cassure l'éclat métallique, ils étaient très-brisants sous le marteau. Nous avons éprouvé pendant quelque temps une difficulté considérable pour séparer la scorie des globules de fer. Mais nous avons trouvé qu'en pulvérisant le tout pendant un temps assez long, la scorie se réduisait en poudre impalpable moins friable. Le fer, ainsi débarrassé de ses scories, nous a donné les résultats suivants :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	2,466	2,421	2,444
Silicium.	0,188	0,200	0,194

QUATRIÈME ÉCHANTILLON PRIS A 1h20'. — Aussitôt que l'échantillon précédent eut été pris dans le fourneau, le registre fut soulevé légèrement, de manière à admettre un bon courant d'air qui fit disparaître la fumée que l'on voyait s'échapper jusqu'alors par les interstices de la porte de travail, et produisait dans le four une flamme claire et brillante. Ceci avait pour but évidemment de faciliter l'oxydation du carbone du fer, et, pour augmenter cet effet, le puddleur brassait vivement la matière. Sous cette double action, la masse se gonfla rapidement jusqu'à atteindre au moins quatre ou cinq fois son volume primitif, et à 1h20' la masse était en plein bouillonnement.

On prit un quatrième échantillon. Tout en refroidissant, il présenta le phénomène intéressant de petites flammes bleues d'oxyde de carbone qui se dégageait de ses différentes parties, le carbone se brûlant sous l'influence incontestable de l'oxygène de l'air. Il est curieux que ce phénomène ne se soit pas manifesté avec les échantillons précédents. Il est dû probablement aux causes suivantes : d'abord la fonte brute étant amenée par le bouillonnement dans un état de très-grande division, offre une grande surface à l'action de l'oxygène de l'air, et ainsi se trouve facilitée la combinaison de son carbone avec l'oxygène; en second lieu, dans cette période le carbone semble ne posséder que peu ou point d'affinité pour le fer, car l'un de nous a souvent observé que, pendant le puddlage des fontes brutes riches en graphite, le graphite se sépare mécaniquement du métal, et si l'on plonge une barre de fer froide dans la fonte en fusion du four à puddler, elle se trouve couverte d'une couche de fonte, et d'écailles brillantes de carbone graphiteux.

L'aspect de cet échantillon nº 4 était très-digne d'intérêt, et pour en donner la plus juste idée, nous ne pouvons le comparer, à cause de sa porosité et des si petits grains qui le composent, qu'à un nid de fourmis.

Les particules n'ont aucune adhérence entre elles, elles se désagrégent très-facilement à la main : ce qui est dû à ce que chaque particule du fer est complétement enveloppée de scories.

Les granules de fer sont noirs à l'extérieur, ils sont très-brisants sous le marteau ; la cassure très-brillante a l'éclat métallique de l'argent. La scorie fut séparée par la méthode indiquée pour l'échantillon nº 3, et les quantités de carbone et de silicium contenues dans le fer étaient les suivantes :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	2,335	2,276	2,305
Silicium.	0,187	0,178	0,182

CINQUIÈME ÉCHANTILLON PRIS A 1h35'. — Cet échantillon est un des plus in-

téressants de la série, parce qu'il est le premier dans lequel le fer se montre malléable et s'aplatit sous le marteau. Il a été extrait du four dès que le bouillonnement fut terminé, tandis que la masse en ébullition commençait à s'affaisser. Le registre de la cheminée fut encore soulevé de manière à établir un tirage très-rapide dans le four. Le puddleur changea d'outil, à la place du ringard il prit le crochet pour travailler. Cet échantillon, après le refroidissement, avait un aspect qui tenait de celui des échantillons n° 3 et n° 4; la masse était spongieuse et fragile comme le n° 4, mais bien moins granulée, et, comme le n° 3, divisée en globules mélangés dans la scorie. Les grains sont noirs extérieurement; mais aplatis sous le marteau, ils prennent l'éclat métallique. L'analyse de cet échantillon prouve que la masse de fer contenue dans le fer a perdu, pendant le quart d'heure qui s'est écoulé depuis que l'on a pris l'échantillon n° 4, une grande partie de son carbone égale aux 20 p. 100 de son poids, tandis qu'au contraire la proportion de silicium est restée à peu près constante.

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	1,614	1,668	1,641
Silicium.	0,188	0,178	0,185

Sixième échantillon pris a 1h40'. — La raison pour laquelle cet échantillon fut pris 5 minutes seulement après le précédent, est que la masse dans le four s'était transformée rapidement en deux produits distincts : d'une part, la scorie, d'autre part, les petits globules de fer. Nous attachions une certaine importance à cet échantillon, parce que l'ouvrier était sur le point de commencer à réunir et à agglomérer les particules de fer pour former les grosses boules de 40 kilogr. destinées à être cinglées, puis étirées en barres. Pendant le refroidissement de cet échantillon, il laissait dégager de petites flammes bleues d'oxyde de carbone. Elles étaient semblables à celles observées dans les échantillons nos 4 et 5, mais n'étaient pas si abondantes.

L'aspect de cet échantillon était fort semblable au précédent, sauf que la scorie n'était pas si intimement mélangée avec les globules de fer, que ceux-ci n'étaient pas aussi gros, et que sous le marteau on les trouvait légèrement soudés entre eux.

Les proportions de carbone et de silicium étaient les suivantes :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	1,253	1,160	1,206
Silicium.	0,167	0,160	0,163

Quand on compare ces chiffres à ceux des analyses précédentes, il est intéressant d'observer que, tandis que le silicium reste à peu près stationnaire, le carbone diminue rapidement, car dans les cinq minutes écoulées entre l'extraction des deux échantillons, il y a eu 28 p. 100 de carbone de brûlé. Cette décroissance rapide de la quantité de carbone combinée au fer se maintient pendant les 10 minutes que va durer encore le puddlage. En fait, pendant un quart d'heure, de 1h35 à 1h50, le fer a perdu 50 p. 100 du carbone qu'il contenait à 1h35'.

Septième échantillon pris a 1h45'. — Cet échantillon fut extrait du four quand le puddleur eut commencé à former les boules. L'aspect de cet échantillon, quoique semblable au précédent, en diffère parce que les granules sont encore

plus gros, presque séparés d'avec la scorie qui forme une couche à part au-dessus et au-dessous de la masse.

Ces granules sont aussi beaucoup plus malléables, ils s'aplatissent facilement sous le marteau. Ce dernier fait s'explique facilement par la faible proportion de carbone qu'il contient encore, comme le montre le tableau ci-dessous.

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	1,000	0,927	0,963
Silicium.	0,160	0,167	0,163

Huitième échantillon pris a 1h50′. — Ce dernier échantillon fut pris avant que les bulles fussent prêtes à être enlevées du fourneau et portées au cinglage. C'est un morceau de la bulle qui en fut détaché et mis à refroidir. On observa qu'il ne s'échappait aucune flamme bleue de la masse pendant son refroidissement. L'aspect de cet échantillon montrait la masse constituant la boule encore spongieuse et composée de globules comme les précédentes. La seule différence était que les globules adhéraient suffisamment entre eux pour nécessiter un certain effort pour les séparer les uns des autres, et qu'ils étaient aussi plus malléables sous le marteau. Ils contenaient les quantités suivantes de carbone et de silicium pour 100 :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	0,771	0,773	0,772
Silicium.	0,170	0,167	0,168

Nous devons observer ici que la pellicule noire qui recouvre les globules de fer, même de l'échantillon n° 8, préserve de toute oxydation. Aucun de ces échantillons ne s'est rouillé pendant neuf mois qu'ils furent exposés dans le laboratoire à l'influence de son atmosphère humide et chargée de vapeurs acides. Cette pellicule noire est probablement de l'oxyde de fer magnétique (Fe^3O^4).

Neuvième échantillon. — Barre de fer puddlée. — Les boules tirées du four furent cinglées, puis étirées au laminoir, et la composition de ce fer était la suivante :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	0.294	0,301	0,296
Silicium.	0,130	0,110	0,120
Soufre.	0,142	0,126	0,134
Phosphore.	0,139	»	0,139

Dixième échantillon. — Fer a guides. — Les barres de fer brut découpées et mises en paquets de 4 pieds de long, chauffées au blanc dans un four à réchauffer et étirées en verges ou fer à guide. Les proportions de carbone, silicium, soufre et phosphore étaient les suivantes :

	1re analyse.	2e analyse.	Moyenne.
Carbone.	0,100	0,122	0,111
Silicium.	0,095	0,082	0,088
Soufre.	0,093	0,096	0,094
Phosphore.	0,117	»	0,117

Pour compléter l'examen de la série des produits de la conversion de la fonte brute en fer malléable, nous avons analysé les scories ou crasses qui res-

taient dans le fourneau après l'enlèvement des boules, et nous leur avons trouvé la composition suivante :

Silice	16,53
Protoxyde de fer	66,23
Sulfure de fer	6,80
Acide phosphorique	3,80
Protoxyde de manganèse	4,90
Alumine	1,04
Chaux	0,70
	100,00

Ainsi dans la scorie on retrouve le silicium, le phosphore, le soufre, le manganèse qui existaient dans la fonte brute, et probablement le phosphore et le silicium se séparent du fer en formant des composés fusibles avec l'oxyde de fer.

Nous terminons ce mémoire en donnant nos résultats sous la forme d'un tableau, de sorte que le départ du carbone et du silicium puisse mieux être apprécié par les personnes qui le consulteraient pour obtenir des renseignements qui puissent les guider dans l'exécution des perfectionnements auxquels nous pensons que tendent nos recherches.

Enfin, ajoutent MM. Crace Calvert et Richard Johnson, nous voulons, en terminant, exprimer à M. Siméon Sloikowitsch tous nos remerciements pour l'habileté et la persévérance qu'il a montrées en nous aidant dans ces analyses longues et fastidieuses.

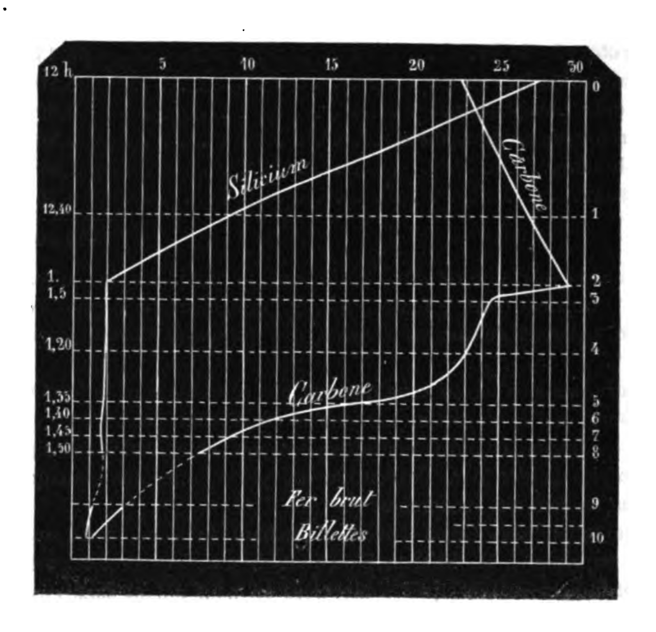
TABLEAU

DES RÉSULTATS OBTENUS PENDANT LE COURS DES EXPÉRIENCES.

HEURES.	12h 0' Fonte brute.	12h 40'	1h 0'	1h 5'	1h 20'	1h 35'	1h 40'	1h 45'	1h 50'	Fer brut.	Billette
Carbone....	2,275	2,726	2,905	2,444	2,305	1,641	1,206	0,963	0,772	0,296	0,114
Silicium....	2,720	0,915	0,197	0,194	0,182	0,183	0,163	0,163	0,168	0,120	0,088
Phosphore..	0,645	»	»	»	»	»	»	»	»	0,139	0,117
Soufre......	0,301	»	»	»	»	»	»	»	»	0,134	0,094
Manganèse..	traces.	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Fer........	94,059	»	»	»	»	»	»	»	»	99,341	99,590

M. de Mastaing a résumé le tableau de ces analyses sous une forme graphique, comme nous l'avons fait nous-même souvent pour les proportions des divers organes de machines et aussi pour abréger certains calculs, afin, dans le cas qui nous occupe, de rendre aisément appréciables, à la seule inspection des courbes, les phénomènes qui se produisent pendant l'affinage du fer, et que les expériences mentionnées ci-dessus viennent de constater.

COURBES DU CARBONE ET DU SILICIUM PAR RAPPORT AU TEMPS.



Les courbes de ce tableau ont été tracées en prènant des ordonnées proportionnelles au temps que la fonte est restée dans le four, et des abscises proportionnelles aux quantités pour cent de silicium et de carbone trouvés par l'analyse. On peut remarquer que la proportion de carbone a augmenté pendant la première période de une heure de durée dans laquelle le silicium a été éliminé. Ceci tient à ce que, dans la méthode de puddlage suivie, la fonte a été fondue dans le courant de flammes carburées traversant le four; si la fonte eût été liquide sous la scorie, la dose de carbone fût restée constante. On voit que le résultat de ces analyses confirme la théorie de l'affinage donnée plus haut.

TRAITEMENT DU CHANVRE

MACHINE A ASSOUPLIR LE CHANVRE

ET AUTRES MATIÈRES TEXTILES

Imaginée par M LALLIER père

Et perfectionnée par MM. A. BRIÈRE et Compagnie

(PLANCHE 10)

Les deux premières préparations que l'on est obligé de faire subir au lin et au chanvre, pour les rendre propres à être peignés et filés, sont, d'une part, le *rouissage*, qui est une opération purement chimique, et de l'autre, le *teillage*, opération entièrement mécanique.

On sait que ces opérations ont pour but d'enlever aux tiges l'enveloppe extérieure qui forme la partie textile de la plante et de séparer aussi complétement que possible l'écorce fibreuse, afin qu'elle puisse acquérir une grande flexibilité.

Le *Génie industriel* a fait connaître dans divers articles relatifs au rouissage la plupart des procédés en usage pour cette préparation importante qui laisse encore tant à désirer; et nous avons donné dans les vol. III et IV de la *Publication industrielle,* les principales machines à teiller qui se sont répandues dans certaines contrées.

Les divers moyens appliqués dans le traitement de ces matières textiles s'appliquent en général aussi bien à l'une qu'à l'autre. Seulement comme les fibres du chanvre ont plus de ténacité entre elles et par conséquent sont plus rebelles à la division que le lin, elles exigent, pour être travaillées, des machines plus énergiques.

Dans tous les cas, ce n'est que lorsque les plantes sont bien teillées que le peignage en est possible. Or, nous devons faire observer que si d'un côté l'opération du teillage est suffisante pour le lin, matière délicate et souple, elle ne l'est pas pour le chanvre qui, par cela même qu'il est plus dur exige un battage, un assouplissage pour pouvoir être peigné. Comme les filaments adhèrent fortement entre eux par la gomme qu'ils contiennent, il est nécessaire de les détacher et d'enlever toutes les pailles et autres ordures qui y sont restées.

Or, *l'assouplissage* proprement dit, dont l'objet comme on le voit est de séparer autant que possible les fibres textiles, est véritablement une opération difficile, qui jusqu'à ces derniers temps s'est effectuée d'une manière très-imparfaite, et dont on ne s'est pas assez occupé malgré tout l'intérêt que les filateurs auraient à le voir perfectionner, afin d'arriver à produire des fils plus fins et plus réguliers.

La culture du chanvre qui est très-répandue en France, beaucoup plus que celle du lin, le climat en général s'y prêtant mieux, pourrait évidemment se généraliser bien plus encore, si on arrivait à lui faire produire, pour les usages domestiques des toiles plus fines et plus belles, ce qui serait d'autant mieux qu'elles sont plus estimées que les tissus de lin, à cause de leur plus longue durée.

On a donc un très-grand intérêt à améliorer le plus possible les procédés d'affinage ou d'assouplissage, puisque de cette opération dépend un accroissement notable dans la valeur des filés, et par suite de la matière première elle-même. Il y aurait donc, dans ce cas, avantage à la fois pour les producteurs et pour les consommateurs.

Cependant, il faut bien le reconnaître, les moyens qui ont été mis en usage jusqu'ici sont encore bien loin de la perfection. Qu'on en juge :

Dans certaines contrées, on emploie des espèces de pilons verticaux ou de maillets dentés qui, soulevés par des cammes, tombent perpendiculairement, à coups répétés, sur des couches de chanvre que l'on étend dans une auge droite ou circulaire, d'une largeur déterminée. Ce battage se faisait dans l'origine à la main au moyen de marteaux.

Dans d'autres contrées, comme en Auvergne, on fait usage de meules verticales en pierre plus ou moins pesantes qui se promènent circulairement au-dessus d'une grande table horizontale et cylindrique, sur laquelle les ouvriers rangent et déplacent sans cesse de fortes poignées de chanvre qu'ils doivent soumettre successivement et dans toutes leurs parties à l'action roulante de la meule.

On comprend sans peine que de tels procédés doivent laisser beaucoup à désirer : non-seulement l'assouplissage est très-imparfait, mais encore il demande beaucoup de force et de main-d'œuvre comparativement à la quantité de travail obtenu. Aussi, ils n'ont pas fait faire de progrès dans la filature, car, malgré les moyens mécaniques adoptés, qui, comme nous l'avons fait voir, sont très-avancés (1), on n'est pas encore parvenu à produire des fils d'un numéro bien élevé. C'est à peine, en effet, si on atteint aujourd'hui le numéro 24, et encore est-ce à grands frais, et en faisant beaucoup de déchets.

On a bien cherché, il est vrai, à employer un système de cylindres

(1) Nous avons publié dans les XIe et XIIe volumes de notre Recueil industriel, les belles machines de préparation, les bancs à broches et métiers à filer qui sont en activité dans la filature de chanvre de Saint-Martin, près Riom.

cannelés destinés à broyer la matière ; mais les résultats ont été si peu favorables, qu'il a fallu y renoncer.

M. Alcan, professeur de technologie au Conservatoire des arts et métiers, a proposé dans son *Traité de filature*, 1re édition, un moyen que nous aurions désiré voir appliquer et qui consistait à former une tresse de chanvre que l'on aurait fait rouler autour d'un cylindre mécanique poli (comme on roule une corde autour d'un treuil), et dérouler ensuite sous une certaine tension obtenue aisément par un frein disposé sur l'axe du cylindre. On aurait pu, suivant l'auteur, combiner les choses de façon à rouler et à dérouler les tresses alternativement en deux sens opposés autour du cylindre. La pression que ce mouvement ferait subir aux fibres contre une surface polie devrait les assouplir considérablement d'une manière uniforme.

A l'exception du système de batteuse à meule arrondie, perfectionnée par M. Brière, que nous avons publiée dans le tome xv du *Génie industriel*, nous n'avons rien trouvé jusqu'ici concernant cette question importante.

Cependant, depuis plusieurs années, un modeste inventeur, M. Lallier père, secondé par des hommes intelligents, qui, comme lui, avaient compris toute l'importance d'une bonne machine à assouplir, s'est occupé, avec une persévérance que l'on ne rencontre pas toujours, de cette question délicate, et d'autant plus difficile qu'elle ne reposait pas, comme beaucoup d'autres, sur des précédents susceptibles d'être utilisés avec avantage.

M. Lallier n'emprunta rien, en effet, aux moyens connus, appliqués avant lui. Le roulement de la meule, ni le choc du maillet, ne lui convenaient, ni les procédés chimiques. Il préféra chercher un procédé mécanique plus rationnel, plus efficace, qui pût mieux remplir le but.

Il conçut alors qu'en prenant une poignée de chanvre entre les mains, si on la froisse en tous sens, à peu près comme fait la blanchisseuse qui lave du linge, tous les filaments se plient, se redressent et se replient indéfiniment sans s'altérer, et par ce froissement répété toute la partie ligneuse qui était restée adhérente se brise, se réduit en poudre et se détache complétement ; par suite, les fibres textiles deviennent plus souples, moins résistants au peignage. Mais pour atteindre un tel résultat, il s'agissait de trouver un moyen mécanique capable d'effectuer cette opération d'une manière régulière et économique.

L'inventeur imagina d'abord de faire passer des couches minces de chanvre entre des plateaux dentés ou *grilles métalliques* horizontales dont l'une, celle inférieure, était fixe, et l'autre, celle supérieure, composée de deux pièces se réunissant par le milieu, était animée d'un mouvement rectiligne alternatif combiné avec un petit mouvement de balancement, de façon à presser alternativement toutes les parties de la couche filamenteuse, à en détacher les pailles et autres ordures adhérentes, en les laissant passer à travers le crible fixe.

Cette première machine, dont le brevet d'invention date du 11 janvier 1855, ne tarda pas à recevoir des modifications qui, tout en lui conservant le même principe, devaient la rendre peut-être plus pratique. Telle est la disposition indiquée par les fig. 1, 2 et 3 du dessin, pl. 10.

Elle consiste, d'une part, dans un premier plateau horizontal A, à dentures angulaires, et ouvert seulement vers son milieu. Ce plateau, qui est en fer, est monté à demeure sur une table en fonte B, portée par deux fortes pièces à rotule qui lui permettent une certaine flexibilité.

D'autre part, un second plateau CC', placé au-dessus du précédent, mais non denté comme lui, est ajusté dans une plaque mobile en fonte D, qui se trouve également ouverte à son milieu, pour laisser passer la couche de chanvre que l'on y fait arriver de la partie supérieure, entre deux courroies conductrices *a*. Ce second plateau se divise en deux parties distinctes, qui doivent recevoir successivement un léger mouvement ascensionnel ou descensionnel, afin de s'écarter et de se rapprocher alternativement du plateau inférieur sur lequel elles entraînent la couche de chanvre dans la marche rectiligne qui leur est imprimée. Pendant ce double mouvement successif, la matière filamenteuse engagée, comme l'indique la fig. 1, est forcée de se replier sur elle-même, et, entraînée d'abord vers la gauche, comme on le voit fig. 2, revient ensuite vers la droite en se redressant et en se repliant en sens contraire dans la position fig. 1 ; elle continue à se mouvoir dans cette nouvelle direction pour occuper la seconde position extrême, fig. 3, de telle sorte qu'elle est constamment froissée, absolument comme le linge qui est frotté par les mains de la blanchisseuse.

Au fur et à mesure que cette action a lieu, le chanvre est attiré sous la table par deux petits rouleaux dentés *b*, qui tournent en sens contraire.

Il nous a paru inutile de montrer tout le mécanisme de cet appareil qui, quoique d'ailleurs fort ingénieux, ne présentait pas encore les avantages manufacturiers que l'on recherche dans la pratique.

Après divers essais, il dût être abandonné et remplacé par une machine verticale plus simple, plus commode et qui se rapprochait certainement plus du but manufacturier que l'on s'était proposé d'atteindre, soit sous le rapport du service, soit sous le rapport du travail obtenu.

D'abord, au lieu de plaques horizontales qui nécessitaient une alimentation verticale, difficile à effectuer lorsqu'on opère sur de grandes quantités de matières, le mécanisme principal fut disposé verticalement, ce qui permet de l'alimenter par une simple toile sans fin que l'on peut desservir avec la plus grande facilité.

Ensuite, pour augmenter le travail, l'auteur s'est arrangé de façon à faire passer la couche de chanvre sur les deux côtés de la plaque mobile, qui est alors logée entre deux plateaux fixes cannelés, comme on peut le voir sur les deux sections verticales, fig. 4, pl. 10.

Cette machine, dont les mouvements laissaient peut-être encore à dé-

sirer, reçut bientôt des perfectionnements essentiels qui la rendent aujourd'hui susceptible d'être appliquée avec succès par les divers fabricants qui travaillent le chanvre.

Nous allons la décrire dans tous ses détails, telle qu'elle vient d'être exécutée par M. Carimet, mécanicien à Paris, sous la direction de M. A. Brière, qui, tout en y apportant les dernières améliorations, s'est chargé d'en suivre le travail et l'exploitation.

Nous ferons voir ensuite la disposition indiquée fig. 9, que M. Brière a proposée en 1862 et qu'il fait exécuter en ce moment à titre d'essai.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A ASSOUPLIR,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 5 A 8 DE LA PL. 10.

La fig. 5 représente un plan général vu en dessus de la machine.

La fig. 6 en est une vue extérieure, le tablier alimentaire supprimé.

La fig. 7 une section transversale faite parallèlement aux plaques, suivant la ligne 1-2.

Et la fig. 8 une coupe longitudinale faite par le milieu, suivant la ligne 3-4 du plan.

Comme nous l'avons dit plus haut, et comme déjà on l'a vu par les sections fig. 4, le principe essentiel de cette machine consiste dans la disposition d'une plaque mobile A, sorte de guillotine animée d'un mouvement rectiligne alternatif, entre deux disques ou plateaux fixes B et B′, qui forment en quelque sorte les mâchoires d'un étau, que l'on peut rapprocher ou écarter selon les besoins. Ce sont les trois organes essentiels sur lesquels repose tout le succès de l'opération. Il importe donc d'en bien comprendre les fonctions.

De la guillotine et des machoires. — La plaque ou guillotine A est en fer, dressée sur ses deux faces et bien polies; elle est percée, dans son milieu, d'une ouverture rectangulaire *a*, arrondie sur les bords, et à travers laquelle passe la couche de chanvre que l'on doit affiner. Les plateaux ou mâchoires B, B′ sont également percés en leur milieu *b*, comme on le voit sur les coupes, fig. 4, 4 *bis* et 8. Ils sont en outre dentelés sur leur face intérieure.

Dans l'origine l'inventeur avait cru devoir aussi denteler la plaque mobile, pensant ainsi qu'il augmenterait le froissement de la matière; mais M. Brière, à qui l'esprit d'observation ne fait jamais défaut, reconnut bientôt que cette dentelure, quelque fine qu'elle fût, était tout à fait inutile, et nuisait plutôt au travail, en retenant les filaments et en les empêchant de suivre la marche régulière ascensionnelle et descensionnelle imprimée à la guillotine, mouvement important, puisqu'il remplit exactement le but que l'on s'est proposé d'atteindre.

En effet, la plaque, en montant et en descendant, entraîne avec elle

toute la matière textile qui, engagée entre elle et les plaques, est par cela même forcée de suivre tous ses mouvements, et par ces passages alternatifs et répétés elle se plie successivement sur elle-même, tantôt dans un sens tantôt dans l'autre, absolument comme une feuille de papier que l'on tiendrait d'un bout et que l'on ferait mouvoir de l'autre, en la forçant à se rouler et à se dérouler au fur et à mesure qu'on la promène.

Or, comme ce mouvement s'opère entre des surfaces très-rapprochées, dont l'une est fixe et l'autre mobile, on comprend que les plis successifs sont extrêmement prononcés tout en ne restant pas apparents et que par suite les espèces de *troussis* qui se forment sur chaque point de la matière textile en détachent aisément toutes les pailles, en même temps qu'ils diminuent notablement l'adhésion de la gomme fibrillaire. Il en résulte que les filaments ainsi dégagés se trouvent beaucoup plus souples et deviennent parfaitement propres à recevoir l'action du peignage.

Pour des chanvres de qualités inférieures et destinés à des produits grossiers, comme la fabrication des cordages, les mâchoires dentées représentées fig. 4 donnent des résultats satisfaisants ; mais pour obtenir des produits fins, bien assouplis, pour les fils destinés au tissage des toiles, les mâchoires doivent être modifiées comme l'indique la fig. 4 *bis*. On voit qu'elles ne sont dentées que vers une partie de leur hauteur, et qu'elles présentent au delà une légère dépression qui augmente leur écartement de façon à permettre aux filaments de s'y loger en se repliant, lorsque la guillotine en descendant ou en remontant les refoule ; il en résulte un double froissage qui concourt puissamment à assouplir la matière fibreuse.

De l'alimentation. — Pour obtenir ce résultat d'une manière continue et en opérant sur de grandes quantités de matières à la fois, il était utile de construire la machine de telle sorte qu'elle présentât toute la résistance désirable et qu'elle pût fonctionner avec une grande régularité. A cet effet, elle doit d'abord être alimentée sans difficulté par l'ouvrier ou l'ouvrière chargée de ce soin. Pour cela les auteurs ont disposé en avant de l'appareil un système de toile sans fin qui est précédé d'un chariot ou table mobile C munie de deux joues latérales, et porté par des galets à rebord *c*, que l'on fait rouler à la main sur deux rails en fer parallèles D.

C'est sur ce chariot que des enfants ou des femmes apportent des bottes de chanvre, et les étalent le plus régulièrement possible, de manière à former des couches ou des nappes peu épaisses, de 3 à 4 centimètres par exemple. Au reste, comme les bottes ou les poignées ont été posées par les soins du contre-maître qui le règle à l'avance, selon la nature même des chanvres qu'on lui donne à assouplir, il sait toujours se rendre compte de l'épaisseur de la nappe, et reconnaître si l'alimentation se fait régulièrement. Du chariot C, les couches de chanvre sont amenées sur la table E, à laquelle on donne, à l'aide des supports à coulisse *d*, une légère inclinaison pour qu'elles se présentent exactement, par l'autre extrémité, vers les cylindres alimentaires.

Rouleau cannelé et bascules. — Sur la tablette inclinée, vers son milieu, se trouve un cylindre en fonte G, accompagné d'un double cadre à bascule, qui forme un mécanisme important pour l'alimentation.

Il est essentiel que l'introduction des poignées successives étendues sur la table mobile se fasse sans interruption aux alimentaires : il ne faut pas qu'elles se détachent les unes des autres, sans quoi l'épaisseur de la nappe varierait, et l'opération elle-même ne se ferait pas régulièrement.

Les auteurs ont cherché, pour cela, à marier ces couches de telle sorte qu'elles ne puissent se séparer au fur et à mesure qu'elles sont appelées par les alimentaires. Ils se sont arrangés de façon que l'extrémité de la couche que l'on veut introduire dans celle des couches qui la précèdent soit recouverte en partie par elles, en dessus et en dessous, afin de former une seule et même nappe qui devient ainsi continue. De cette manière, on évite que les filaments ne forment des engorgements qui, en forçant les organes alimentaires et assouplisseurs, en paralyseraient la marche et pourraient parfois déterminer leur rupture. Avec le mécanisme additionnel adopté on évite complétement ces inconvénients.

Ainsi, pendant que le cylindre G reste appuyé sur la nappe engagée entre les alimentaires, l'ouvrier chargé de ce soin soulève l'extrémité d'une partie de cette nappe, à l'aide d'un premier cadre, composé de la tringle horizontale g, et de deux barres parallèles h, qu'il fait tourner autour de l'axe du cylindre. Pendant ce temps l'autre partie de la même nappe reste étendue sur la toile et maintenue par la tringle g' d'un second cadre, dont les côtés h' sont d'une longueur un peu moindre que les premiers, et qui tournent de même autour de l'axe du cylindre.

Il étend alors l'extrémité de la couche de chanvre qui arrive du chariot sur cette partie de la nappe, puis il rabat la première bascule sur la seconde, de telle sorte que la nouvelle couche se trouve ainsi engagée entre les deux parties de la matière en travail, et, bien maintenue par le cylindre G, arrive aux alimentaires en nappe régulière.

Pour faciliter la manœuvre de ces cadres à bascule, qui doivent ainsi s'abaisser et se relever successivement, on a eu le soin d'adopter sur le côté du bâti une sorte de heurtoir H, dont le bout supérieur forme rochet pour s'engager dans l'une des dents angulaires ménagées sur un bras de chacune des deux bascules, afin de tenir celles-ci dans la position où elles doivent rester alternativement. L'axe du cylindre en fonte G est porté lui-même par deux supports à coulisse qui lui permettent de prendre au-dessus de la toile sans fin la place exacte qu'il doit avoir, selon l'épaisseur de la nappe, et le degré de pression que l'on veut lui faire produire.

Ce mode d'introduction est, comme on le voit, très-simple et très-ingénieux; il simplifie beaucoup la main-d'œuvre en rendant l'alimenta-

tion plus facile et plus régulière, tout en évitant les engorgements que nous avons signalés. Aussi, il constitue à lui seul un perfectionnement qui a fait le sujet d'un brevet spécial pris au nom de la Société, en 1862.

CYLINDRES ALIMENTAIRES. — L'alimentation proprement dite de la machine est composée de trois cylindres cannelés de même diamètre, i, i' et i^2, entre lesquels passe la couche de chanvre, qui est constamment tirée par eux dans le mouvement rotatif et continu, transmis d'abord au premier et communiqué aux suivants par des pignons dentées.

Les axes de ces trois cylindres sont portés par des chaises en fonte I boulonnées sur les bâtis de la machine; celui du milieu n'a pas de chapeau, parce que, devant exercer une certaine pression sur les deux autres, afin que la matière filamenteuse soit bien entraînée, il est chargé d'un poids j à chaque extrémité; ces poids, pour ne pas être trop considérables, sont appliqués au bout des leviers en fer k, qui, oscillant par l'autre bout, s'articulent avec les tiges verticales l, lesquelles se divisent au-dessus en deux branches, afin de former collier à la partie supérieure pour embrasser les collets de l'axe.

Au besoin, un petit rouleau de bois m (indiqué en traits ponctués fig. 3) s'ajoute au pas de la première plaque fixe B, pour s'appuyer sur la nappe et la forcer à se diriger dans l'ouverture centrale b, d'où elle est prise par la guillotine et en reçoit le mouvement alternatif dont nous avons parlé.

RÈGLEMENT DES MACHOIRES. — Quoique les plaques ou mâchoires B, B' soient regardées comme immobiles pendant le travail, elles ne sont cependant pas assujetties d'une manière immuable aux bâtis en fonte J qui les portent. Elles sont, au contraire, disposées de telle sorte qu'elles présentent une certaine élasticité qui leur permet de céder un peu à la pression, et il est facile de les rapprocher ou de les écarter d'une petite quantité, nécessaire, comme on l'a vu, pour que le jeu qui doit être laissé entre elles et la guillotine soit en rapport avec l'épaisseur même de la couche de chanvre à assouplir.

A cet effet, elles se terminent toutes deux, en bas et en haut, par des oreilles n qui sont fondues avec elles, et que l'on fait traverser par des tiges horizontales o, terminées à chaque bout par un taraudage afin de recevoir des écrous à oreilles p, qui pressent contre les ressorts à boudin r, dont on règle la tension au degré convenable, et que l'on maintient d'ailleurs au point voulu par les écrous à poignées q. Par cette disposition le système ne présente pas la rigidité que l'on aurait avec des mâchoires fixes, et leur manœuvre en est plus douce.

MOUVEMENT DE LA GUILLOTINE. — Le mouvement rectiligne alternatif que reçoit la platine mobile A lui est imprimé au moyen de deux excentriques circulaires en fonte K, qui sont ajustés vers les extrémités de l'arbre de couche en fer L, lequel n'est autre que l'arbre moteur de toute la machine. Cet arbre est commandé, à cet effet, par une poulie fixe M, qui est accompagnée d'une seconde poulie semblable M' (fig. 7),

destinées à arrêter chaque fois qu'il est nécessaire. Un volant N, d'une énergie suffisante, sert à régulariser tout le mouvement.

Les deux excentriques sont embrassés par des colliers en deux pièces K′, garnis d'acier ou de bronze et solidaires avec les tiges méplates K², qui s'élèvent verticalement en dehors des bâtis jusques au-dessus de la guillotine, pour se relier par articulation avec une traverse en fer U, laquelle glisse dans des coulisses droites J′, fondues avec les bâtis. C'est au milieu de cette traverse que l'on a suspendu la queue prolongée de la platine A, qui, pendant la rotation de l'arbre de couche, est forcée de monter et de descendre en suivant la direction verticale des coulisses.

L'amplitude de ce mouvement dépend, comme on le voit, de la course même des excentriques. Elle est de 0m.20, lorsque le rayon de ces derniers est de 10 centimètres; nous croyons qu'elle pourrait être beaucoup moindre; on la fait varier, du reste, selon la nature même des chanvres à traiter, en changeant les excentriques. Il peut être bon en effet d'avoir de ces pièces de rechange, pour permettre de modifier l'action de la guillotine, action qui peut être d'autant plus énergique que le nombre de coups dans un temps donné est plus considérable.

Cylindres d'appel. — A la sortie de la mâchoire de droite B′, la nappe de chanvre est constamment attirée par des cylindres cannelés *s*, *s*′ et *s*², qui sont exactement disposés comme les cylindres alimentaires; leurs dimensions et leurs vitesses rotatives sont parfaitement identiques, de telle sorte qu'ils appellent la matière absolument dans le rapport fourni aux machines, sans produire d'étirage.

Les axes de ces cylindres sont aussi disposés comme les premiers, sur des supports semblables I′ rapportés aux bâtis, et celui du milieu *s*′ reçoit également à chaque bout la charge des contre-poids *j*′, par les tiges verticales *l*′ et les leviers *k*′, de mêmes forces et de mêmes dimensions que les précédents. De sorte que, comme nous l'avons dit, toute la couche de matière filamenteuse se conduit, après qu'elle a reçu l'action des organes assouplisseurs, de la même manière que quand elle y est amenée. La nappe est ensuite dirigée naturellement sur le plan incliné *t*, d'où elle est prise par l'ouvrier qui est chargé de la recevoir et de la ranger.

Commande des alimentaires et des cylindres d'appel. — La disposition des cylindres cannelés qui servent à l'alimentation étant exactement semblable à celle des cylindres d'appel, on a dû nécessairement combiner leur commande de façon qu'elle soit égale pour tous, et qu'elle dépende du même arbre moteur L.

A cet effet, on a ajouté sur celui-ci un petit excentrique circulaire *p* (fig. 6 et 7), dont le rayon est très-court et qui est placé à côté de l'un des grands excentriques K, en dehors du bâti, pour être à la portée de l'ouvrier. Ce petit excentrique est embrassé par un collier dont la queue P′ se relie à l'une des branches à coulisse de l'équerre en fer P², laquelle

s'assemble à articulation, par sa seconde branche, à la tringle verticale Q, qui, guidée dans deux douilles en fonte R, agit sur un cliquet que l'on fait engager dans les dents angulaires de la roue droite S. Cette roue, montée à l'extrémité de l'axe horizontal u, transmet à celui-ci un mouvement de rotation d'autant plus lent, qu'elle ne tourne elle-même que d'une ou de deux dents par chaque révolution de l'arbre moteur.

Or, l'axe u est lui-même armé de deux vis sans fin v de même pas, qui engrènent avec les roues hélicoïdales T et T′ d'égal diamètre, rapportées, l'une sur le premier cylindre alimentaire i, lequel commande les deux voisins i' et i^2 par les petits pignons droits x, x' et x^2; et l'autre sur le premier cylindre d'appel s, qui, de même, commande à son tour les deux autres s' et s^2, à l'aide des trois pignons droits y, y' et y^2 (fig. 5 et 7), placés, comme les précédents, sur l'autre extrémité des axes de chacun des cylindres. De cette manière, on voit que les cylindres d'appel marchent exactement à la même vitesse circonférencielle que les cylindres alimentaires; par conséquent, la nappe de chanvre assouplie est, nous le répétons, constamment attirée en dehors de la machine, aussi régulièrement qu'elle y a été amenée.

Les roues hélicoïdales T et T′ ont chacune 25 dents, et les vis sans fin qui engrènent avec elles sont à simple filet; par suite, elles ne tournent que d'une dent pour chaque révolution de ces vis. D'un autre côté, la roue à rochet s porte 14 dents, et le cliquet qui s'engage dans sa denture peut la faire tourner à volonté, soit d'une seule dent, soit de deux ou de trois dents, parce que les deux bras de l'équerre P^2 sont à coulisse.

De plus, le diamètre des cylindres d'appel et d'alimentation est de 0^m075, ce qui correspond à une circonférence de 0^m22933.

Il en résulte que si, par exemple, l'arbre moteur L fait 150 tours par minute, ce qui nous a paru la vitesse moyenne adoptée, lorsque l'on donne une course de 0^m20 à la guillotine, et si l'on règle les points d'attache de la queue d'excentrique et de la tringle correspondante q avec l'équerre p^2, de façon à faire tourner la roue à rochet S de deux dents, on trouve que chacun de ces cylindres ne ferait que 0^m856 de révolution par minute, et que l'avancement de la couche filamenteuse serait de 196 millimètres environ dans le même temps.

En effet, la roue S n'effectuerait sa révolution entière que quand l'arbre L aurait fait $150 : 7 = 21,4$ tours, et, comme pour chacune de ses révolutions, les cylindres alimentaires ne font que $21,4 : 25 = 0^t856$ par minute, les roues hélicoïdales ne marchent que d'une dent.

Les cylindres alimentaires, dont la circonférence est de 0^m22933, ne donnent alors, pour l'avancement total dans cet espace de temps, que :

$$0^m22933 \times 0^m856 = 0^m19628.$$

Avec des courses moindres, on pourrait augmenter sensiblement la vitesse de rotation de l'arbre moteur et des alimentaires.

JEU ET TRAVAIL DE LA MACHINE.

D'après ce que l'on vient de voir, il est aisé de comprendre les fonctions de cette machine et le travail qu'elle est susceptible de faire.

Tout le système étant disposé comme nous l'avons expliqué, le chanvre que l'on veut assouplir ayant été préalablement étendu sur le chariot et amené à la toile sans fin, où on a le soin d'en former une nappe régulière, d'égale épaisseur, en le faisant passer sous le rouleau cannelé, puis entre les trois cylindres alimentaires, l'ouvrier chargé de la conduite générale de la machine s'arrange de telle sorte, que l'ouverture centrale de la guillotine se trouve en regard de celle des deux mâchoires, afin de pouvoir y faire entrer le bout de la nappe, qu'il tire d'abord à la main pour l'engager bientôt entre les cylindres d'appel, après avoir embrayé la poulie motrice.

Dès que l'appareil est en activité, la guillotine monte et descend, entraînant avec elle la partie de la couche de chanvre qui se trouve prise entre les alimentaires et les cylindres d'appel. Et comme cette couche est pincée, d'un côté, entre la première mâchoire B et la face verticale correspondante de la guillotine; puis, de l'autre, entre la deuxième face de celle-ci et la seconde mâchoire, elle est forcée, dans le mouvement alternatif d'ascension et de descente qui lui est imprimé, de se ployer sur elle-même, comme nous l'avons déjà expliqué, en glissant successivement par petites portions égales. Ce froissement continuel et constamment répété, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, fait nécessairement détacher de la matière textile tous corps étrangers qui y étaient restés adhérents, et tend en même temps à briser la gomme résineuse qui fait adhérer les filaments si fortement entre eux.

Toutes les fibres deviennent alors beaucoup plus souples, plus soyeuses et très-propres à recevoir l'action du peignage.

Par ce travail, l'assouplissage donne à la matière filamenteuse une qualité bien supérieure; à tel point, qu'il permet d'en obtenir, à la filature, des numéros sensiblement plus élevés. On a, de plus, l'avantage de produire moins de déchets; de sorte que le filateur y trouve, en définitive, un double profit.

Nous avons montré par quel moyen simple et ingénieux tout à la fois MM. Brière et Ce sont arrivés à rendre le travail continu, de telle sorte que les couches de matières se marient et se suivent sans interruption; ce qui permet, quand la machine est bien réglée et qu'elle est en bon état de marche, de satisfaire à une grande production.

On a vu plus haut qu'en donnant à l'arbre moteur de la machine une vitesse moyenne de 150 tours par minute, les cylindres alimentaires et les cylindres d'appel ne font que 0,856 de tour seulement, la nappe de chanvre s'avance d'environ 196 millimètres, soit, par heure:

$$196 \times 60 = 11.760\,;$$

ce qui correspond, pour une journée de 12 heures, à un travail de :

$$11.760 \times 12 = 140^{m},120.$$

Seulement, à cause des arrêts, des pertes de temps qui peuvent avoir lieu dans le courant de la journée, pour le graissage, pour nettoyage ou toute autre cause, il est bon de compter sur un travail moindre.

Au reste, dans certains cas on peut aussi produire plus, soit en augmentant la vitesse de l'arbre de couche, et par conséquent celle de tous les organes, soit en faisant avancer la nappe un peu plus vite, ce qui doit être toutes les fois que la nature de la matière le permet.

En définitive, on peut arriver à assouplir, avec une telle machine, jusqu'à 300 et peut-être même 400 kilogrammes de chanvre par jour. C'est plus qu'on ne fait avec les appareils connus, et l'opération est infiniment meilleure, par cela même qu'elle donne à la matière une plus grande souplesse, et qu'elle permet, comme nous l'avons dit, d'obtenir des fils d'un numéro plus élevé.

ASSOUPLISSEUSE DE M. BRIÈRE.

M. Brière, en cherchant, d'une part, à simplifier autant que possible le mécanisme, et, de l'autre, à lui faire produire plus dans un temps donné, a proposé de donner aux organes assouplisseurs une disposition qui diffère de la précédente, comme on peut en juger par la section verticale, fig. 9.

Cette disposition, qui est à l'étude, consiste en un cylindre creux en fonte A, fendu par le milieu sur deux parties diamétralement opposées, et garni de chaque côté de deux platines B et B′ à dentelure fine, et cintrées de façon à épouser sa forme extérieure. Ce cylindre est animé d'un mouvement circulaire alternatif, et fonctionne entre des arcs fixes, qui lui sont concentriques et sont également cannelés ou striés.

Ces arcs fixes, comme les deux parties correspondantes du cylindre mobile, sont fendus par leur milieu, afin de laisser passer la couche de chanvre que l'on y introduit, et qui, après qu'elle a subi les pliages successifs entre les surfaces dentelées, en sort par le côté opposé.

Il est aisé de comprendre, par ce simple aperçu, que la matière textile subit un travail analogue à celui que l'on produit par la machine précédente. Les fibres textiles sont successivement courbées et redressées sans se fatiguer; par suite, la désagrégation a lieu, les pailles s'en détachent, leur force d'adhésion diminue, et, de dures et roides qu'elles étaient avant l'opération, elles deviennent d'une très-grande souplesse.

Des ouvertures *o* sont ménagées dans la partie inférieure du cylindre mobile, pour donner issue aux poussières et autres corps étrangers.

Le mécanisme pour faire mouvoir un tel organe peut être très-simple, et nous ne croyons pas nécessaire d'entrer dans d'autres détails à ce sujet, d'autant plus que nous pourrons y revenir lorsqu'elle sera mise en activité.

BATEAU

AVEC GRANDE CLOCHE A PLONGEUR

ET

DOUBLE DRAGUE A VAPEUR

Par MM. CAVÉ frères, ingénieurs à Paris

(PLANCHE 11)

Dans le IVe volume de ce Recueil, en donnant le dessin et la description d'une cloche à plongeur construite en 1843 par M. Nillus, nous avons fait connaître, dans un aperçu historique, l'état d'avancement ou de perfection de ces appareils; depuis cette époque, de grands travaux hydrauliques ont été entrepris et menés à bonne fin en faisant usage d'appareils basés sur le même principe, mais qui diffèrent essentiellement dans les dispositions.

Nous devons citer tout particulièrement le système *d'appareil plongeur à air comprimé* appliqué à une drague par M. Cavé, pour les fondations du pont d'Asnières, exécuté en 1848. Ce système fut adopté en 1849 avec quelques modifications accessoires par M. Mougel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, au service du vice-roi d'Égypte, pour l'établissement du barrage du Nil.

Les deux appareils qui servirent à cet important travail se composaient chacun (1) d'un bateau en tôle de 5 millimètres d'épaisseur, ayant 33 mètres de longueur sur 10m30 de largeur. Dans son milieu se trouvait une ouverture de 8 mètres de longueur sur 6 mètres de largeur, un peu arrondie dans les angles; cette ouverture, servant de fourreau à la cloche, était revêtue de montants en bois très-rapprochés destinés à guider cette cloche pour l'empêcher de se déverser dans le sens du courant du fleuve. Une grande chambre en tôle, de 15 mètres de longueur et 5m40 de hauteur, dite *chambre à air,* recouvrait l'ouverture centrale contenant la

(1) Le *Bulletin de la Société d'encouragement,* août 1849, donne un dessin et une description complète de cet appareil.

cloche. Une antichambre ou *écluse à air* servait à passer de la pression extérieure à la pression intérieure au moyen de deux robinets communiquant l'un avec l'intérieur, l'autre avec l'extérieur, et était accolée à cette grande chambre. Celle-ci était éclairée par une série de lentilles en cristal placées tant sur le toit que sur les parois verticales, et possédait une galerie supérieure sur laquelle étaient fixés deux forts treuils pour monter ou descendre la cloche; cette dernière n'était autre qu'une caisse en tôle de 6m30 de hauteur, ouverte par le haut et par le bas. Vis-à-vis des deux treuils il y en avait deux autres plus petits pour le levage et la descente des matériaux.

Pour empêcher les fuites d'air entre la cloche et son fourreau, une chemise en cuir gras était fixée hermétiquement, d'une part au bord supérieur du fourneau, et de l'autre au bord supérieur de la cloche. Une machine à vapeur de dix chevaux donnait le mouvement à une pompe aspirante et foulante communiquant, par un tuyau, avec ladite chambre.

Après avoir constaté le bon fonctionnement de l'appareil dont les dispositions viennent d'être indiquées sommairement, M. Mougel énumère ainsi les avantages qu'on peut tirer de ce système :

1° La sécurité est complète ; car supposons, par impossible, que tout l'air comprimé de la chambre vienne à disparaître, quatre échelles en fer faisant partie de la cloche même, sont là pour recevoir les ouvriers qui remontent ainsi dans la chambre.

2° On peut travailler jour et nuit dans la cloche avec la plus grande facilité, et mettre à la fois quarante ouvriers dans le fond de la cloche et autant pour le service. Il y a un grand espace pour déposer à l'avance les approvisionnements ; du reste on peut faire un service continu pour les matériaux d'un petit volume, au moyen de l'écluse à air qu'on remplit de ces matériaux pour les faire entrer dans la chambre.

3° On peut faire toutes les réparations possibles sous l'eau, en prenant le bateau comme réservoir d'air comprimé.

4° On peut aveugler de fortes sources qui se manifestent dans certains ouvrages, comme les bassins de radoub, par exemple, en tenant ces bassins à sec par les moyens ordinaires.

5° *Le plus grand avantage qu'on retirera des bateaux plongeurs se trouvera dans leur application à la construction des ponts.* Supposons que les piles à établir aient 12 mètres de longueur sur 4 mètres d'épaisseur. Si on construit une cloche qui ait 14 mètres de longueur, 6 mètres de largeur, et pour hauteur la profondeur de l'eau au-dessus des fondations; que cette cloche soit placée dans une chambre à air établie sur deux bateaux espacés entre eux d'un peu plus de 6 mètres pour le jeu de la cloche, rien ne sera plus facile que de faire, au fond de l'eau, toutes les opérations que réclamera la construction de la pile, comme battage et recepage de pieux, pose d'un cadre en charpente, maçonnerie, etc.

Ce dernier avantage du système *d'appareil plongeur à air comprimé*.

signalé tout particulièrement par M. Mougel, s'est trouvé justifié par une suite d'applications des plus heureuses parmi lesquelles nous citerons les ponts de Kehl et d'Argenteuil, et avant ceux-ci les ponts de Rochester et de Saltash, ce dernier exécuté sous la direction de M. Brunel.

Le système attribué à MM. Triger, Cavé et Mougel, a subi, il est vrai, d'importantes modifications dans son application au pont de Kehl par MM. Fleur Saint-Denis et Vuignier (1) : ainsi la cloche est remplacée par les tubes mêmes qui doivent servir à la fondation et qui sont couronnés par une chambre avec écluse à air, tantôt en communication avec l'air extérieur pour la sortie des personnes et des matériaux d'extraction, tantôt avec l'intérieur du tube où une pression élevée refoule les eaux.

Le travail du fonçage au moyen de cette disposition est, relativement, excessivement simple ; les hommes placés au fond du cylindre enlèvent intérieurement la terre ou le gravier, en sorte que le cylindre descend au fur et à mesure des déblais (2). Un treuil, ou une noria, placé dans la chambre à air supérieure est employé à l'enlèvement des terres, que l'écluse à air permet de faire sortir sans que la pression diminue sensiblement dans le cylindre. La chambre à air se démonte pour y ajouter les anneaux intermédiaires au fur et à mesure de l'enfoncement de l'anneau inférieur servant de chambre de travail.

Bien que le principe de l'emploi de l'air comprimé soit, comme on voit, le même dans ces applications de travaux de fondations que dans le système de cloche à plongeur de grandes dimensions appliqué par MM. Cavé et Mougel (3), on doit aisément se rendre compte des modifications importantes qu'il a fallu apporter, comme nous l'avons dit, pour

(1) Voir les articles que nous avons publiés dans le vol. XII de ce Recueil et dans le vol. XXII du *Génie industriel*, sur les travaux de fondation du pont de Kehl.

(2) Pour obliger ces cylindres à s'enfoncer, deux moyens ont été mis à exécution : d'abord des contre-poids très-pesants (40 tonnes comme au pont de Rochester) ; puis par la maçonnerie même, exécutée au-dessus du caisson au fur et à mesure, et formant ainsi la surcharge qui devient alors permanente et utile. C'est ainsi que les ponts de Kehl et d'Argenteuil ont été exécutés.

Il y a aussi un système qui fut présenté par MM. Hermann et Nepveu, breveté le 2 mars 1855, lequel consiste à remplacer le contre-poids fixe et l'échafaudage par des bateaux à réservoir d'air et d'eau, et l'application de fortes presses hydrauliques agissant sur la cloche ou cylindre pour déterminer son enfoncement.

Un système analogue a été employé par les ingénieurs des chemins de fer d'Orléans et du Midi pour les fondations du pont métallique de Bordeaux, en 1859. Dans les comptes rendus de la Société des ingénieurs civils, année 1862, se trouve inséré un mémoire très-intéressant de MM. Fortin, Hermann frères, sur l'application aux fondations tubulaires de la presse hydraulique, et de l'eau comme lest pour obtenir l'enfoncement des piliers dans le sol par l'air comprimé, le vide et le draguage.

(3) L'origine de ce système de fondation, dit M. Vuignier dans son ouvrage sur les *Dispositions générales et d'exécution du pont sur le Rhin à Kehl*, paraît remonter aux travaux de M. Triger, qui en a rendu compte à l'Académie des sciences dans la séance du 2 novembre 1841, et constatant le résultat qu'il avait obtenu par l'emploi de l'air comprimé, pour ouvrir un puits de mine au milieu du lit de la Loire.

vaincre les difficultés toujours diverses et imprévues qui se présentent dans des travaux de cette importance.

Sans entrer dans plus de détails sur ces constructions spéciales, dont nous signalons en passant la relation avec les appareils plongeurs, nous revenons à ceux-ci qui sont appelés à rendre de grands services dans les travaux hydrauliques, soit pour la surveillance, soit pour l'exécution. S'agit-il, en effet, de fixer un boulon, d'attacher un cordage ou de chercher un objet tombé dans l'eau à une grande profondeur, le masque à plongeur, ou mieux le scaphandre (1) permet d'utiliser ces divers travaux avec facilité et promptitude. Est-il question de s'assurer que le coulage du béton s'opère avec régularité, qu'une plate-forme repose parfaitement sur des pieux recepés à cette fin, etc., la cloche remplit ces fonctions de la manière la plus satisfaisante. Il en est de même lorsqu'il faut aller nettoyer des sources qui surgissent du béton mal coulé, pour les remplir ensuite avec de bon mortier hydraulique, lorsqu'il s'agit de visiter le radier d'un écluse ou d'un bassin et l'arrière-radier d'un barrage, pour y faire les réparations nécessaires, lorsqu'il faut faire des mines sous l'eau, etc., etc. Cependant la cloche à plongeur ordinaire, telle que nous l'avons décrite dans le vol. IV, présente, pour exécuter ces divers travaux, des inconvénients qui tiennent à deux causes principales : 1° manque de sécurité ; 2° défaut d'espace.

Le bateau avec cloche à plongeur de MM. Cavé remédie d'une manière simple à ces deux causes fâcheuses. Malgré cela un assez grand nombre de dispositions ont été proposées dans le même but. Nous citerons tout particulièrement le *bateau sous-marin*, du docteur Payerne qui, dès 1842 (2), s'est occupé avec une persistance digne de tous éloges de cette intéressante question, conjointement avec M. E. Lamiral.

Les premières expériences de M. Payerne furent faites à Londres et à

(1) Cet appareil se compose, comme on sait, d'un vêtement imperméable terminé à la partie supérieure par un haut de cuirasse métallique sur lequel, lorsque l'opérateur en est revêtu, se visse un casque également en métal, muni de lentilles en verre et portant un tuyau à air qu'on alimente au moyen d'une pompe. Le plongeur disparaît sous l'eau dans ce vêtement, à telle hauteur qu'il est nécessaire. La pompe reste sur le bord ou sur le pont, selon qu'on opère à terre ou sur un bâtiment. Les appareils dits scaphandres ont été perfectionnés, notamment par MM. Heinke, Liëbe, Ernoux et Cabrol. M. Dandureau, breveté en août 1855, a cherché à modifier ces appareils en remplaçant l'air comprimé par un courant d'air naturel qui arrive dans le casque du plongeur par un tuyau à deux branches, débouchant toutes deux au-dessus du niveau de l'eau. L'aspiration avait lieu dans l'une d'elles au moyen d'un ventilateur aspirant. Tout récemment, M. Galibert a imaginé un très-ingénieux appareil respiratoire. Nous en avons donné la description dans le *Génie industriel*, n° de décembre 1863.

(2) M. Payerne a pris successivement quatre brevets en France. Le premier, du 29 août 1846, avec M. Bonet, est publié dans le vol. IX des *Brevets d'invention ;* le second, le 5 septembre 1851, est publié dans le vol. XXIV ; le troisième, le 12 septembre 1854, est publié dans le vol. XLII, et enfin le quatrième, plus récent et non encore publié, a été pris le 21 janvier 1858.

Plimouth avec une choche à plongeur dans laquelle il avait embarqué une quantité d'air suffisante pour pouvoir respirer pendant un temps donné sans communication avec le dehors, et aussi des substances propres à absorber l'acide carbonique formé dans l'intérieur de la cloche. Ces expériences, qui eurent un plein succès, furent répétées en France avec un appareil de dimensions plus grandes construit par M. Lemaître (1). Cet appareil, de forme ovoïde allongée et composé de feuilles de tôle, avait 9 mètres de longueur sur 3 mètres de diamètre, et était séparé transversalement par une cloison cintrée ; la partie d'avant, d'une capacité de 23 mètres cubes, servait de réservoir à air comprimé, et la partie d'arrière, d'une dimension moindre, était destinée à recevoir les hommes et à leur permettre de travailler au fond de l'eau ; on y pénétrait par un trou placé au-dessus d'un exhaussement formant une pointe en communication directe avec l'eau (2).

Pour faire descendre ce bateau au fond du fleuve ou de la mer, on commençait par comprimer de l'air en quantité suffisante dans le réservoir, au moyen de deux pompes et d'une combinaison de tuyaux et de robinets qui leur permettaient de pomper de l'air et de l'eau au besoin. Cette opération faite, on bouchait le trou d'homme et on introduisait dans le bateau une certaine quantité d'eau jusqu'à ce qu'il commençât à s'immerger. Alors on ouvrait un robinet qui donnait passage à une portion d'air de l'avant à l'arrière, afin d'empêcher l'eau de monter dans le puits et d'envahir l'arrière du bateau. Dès ce moment les hommes se trouvaient placés dans un air comprimé à un degré déterminé par la colonne d'eau dans laquelle ils étaient immergés.

Quand l'appareil était au fond de l'eau, on continuait d'introduire de l'air jusqu'à ce que toute l'eau montée dans le puits s'en trouvât chassée. Alors les hommes, si le sol était solide et s'ils n'étaient pas contrariés par les courants, pouvaient manœuvrer le bateau sans la moindre difficulté au moyen d'une hélice et de trois gouvernails placés à l'arrière.

Pour faire remonter le bateau, il suffisait de retirer de son intérieur une certaine quantité d'eau, équivalente au fardeau à soulever, que l'on y avait introduite, plus la quantité qui le tenait immergé, et le tout remontait à la surface.

(1) Le dessin de ce bateau et sa description sont insérés dans le Bulletin de janvier 1849 de la *Société d'encouragement.*

(2) En 1847, ce bateau fut employé avec succès à l'extraction d'une roche dure de 58 mètres cubes qui se trouvait dans le port de Brest, à 12 mètres de profondeur. En 1849, il fut utilisé dans la Seine pour l'enlèvement de l'ancien Pont-au-Double. En 1853, il fut envoyé à Cherbourg pour travailler à l'approfondissement du port Chantereine. En 1853, ce même bateau, qui ne pouvait contenir que quatre travailleurs, fut coupé en deux pour être agrandi par l'intercalation d'une chambre de travail pouvant renfermer douze hommes. Il eut alors 15 mètres de largeur, et c'est ainsi qu'à Cherbourg il a pu fonctionner en permettant d'enlever un mètre cube de granit par jour.



M. Payerne a proposé en dernier lieu, pour perfectionner son système, d'y appliquer, pour faire mouvoir les pompes, une machine à vapeur avec chaudière spéciale dite *pyrotechnique* chauffée à l'aide d'un combustible particulier, tel que l'azotate de soude ou de potasse, qui suppléait à la pression du courant d'air. Un entonnoir, garni d'un robinet à dé transmettait au foyer les boules du combustible dosé d'azotate, sans donner issue à la flamme. Les gaz de la combustion s'échappaient en soulevant par leur propre tension la soupape, qui se refermait aussitôt par la pesanteur de la colonne atmosphérique. Le but de toutes ces dispositions était d'exécuter toutes les manœuvres nécessaires pour travailler et purifier l'air, se déplacer, et rester sous l'eau un long espace de temps.

Plusieurs inventeurs, ainsi que nous l'avons reconnu en examinant les divers brevets demandés pour ces appareils, ont cherché à atteindre le même but que M. Payerne (1). C'est ainsi que nous pouvons citer le brevet de M. Sears, des États-Unis, du 7 mars 1853, dont l'appareil paraît être le même que celui expérimenté à Paris en 1858, sur la Seine, près du Pont-Royal (2). Cet appareil, auquel on avait donné le nom de *Nautilus,* avait été amené à Paris par M. Hallett, président de la Compagnie américaine d'exploitation. Comme les cloches à plongeur ordinaire, il était alimenté d'air comprimé par une pompe hydro-pneumatique, avec réservoir d'air placé à terre ou sur un bateau disposé à cet effet.

L'appareil plongeur, le *Nautilus* proprement dit, avait la forme d'une vaste cuve cylindro-conique fermée à sa partie supérieure par une calotte sphérique. Cette cuve, totalement en tôle de fer, était mise en communication avec le réservoir à air comprimé de la pompe pneumatique, par un tuyau flexible, formé d'un fil métallique serré en spirale, garni obliquement d'un fil de chanvre goudronné, et recouvert d'une enveloppe en gutta-percha, protégée par une housse en toile. Ce tuyau était enroulé sur un tambour en communication avec le réservoir à air au moyen d'un tuyau muni d'un robinet qui en réglait l'alimentation. Il pouvait s'enrouler ou se dérouler à volonté pendant l'opération, et sans que la communication entre les deux appareils fût interrompue un seul instant.

Le *Nautilus,* moins pesant que le volume d'eau qu'il déplaçait, flot-

(1) Dans le vol. XIII du *Génie industriel,* on peut voir la description d'un bateau de ce genre breveté en France le 8 juillet 1856, au nom de M. Newton, ingénieur à Londres. M. Laplace s'est aussi fait breveter pour un bateau de ce genre, le 14 mars 1859.

(2) Vers la même époque, le 26 avril 1858, M. Maillefert, des États-Unis, s'est fait breveter en France pour une cloche à plongeur, offrant comme particularité qu'elle était surmontée d'une longue cheminée ou conduit qui débouchait au-dessus de la surface de l'eau. Ce conduit permettait de descendre dans la cloche, et il était garni à cet effet d'échelle et fermé par deux trappes, l'une près de la cloche et l'autre au sommet; de sorte que l'espace compris entre ces deux portes formait, comme dans le bateau à cloche de M. Cavé, une sorte d'antichambre ou d'écluse à air, servant à passer de l'atmosphère ambiant dans l'air comprimé et *vice versâ.*

tant à la surface comme un bateau ordinaire, était complétement indépendant de tout appareil de suspension et doué de la faculté de descendre, de remonter et de se mouvoir sur l'eau. A cet effet la cuve était divisée en trois chambres complétement séparées les unes des autres par des cloisons étanches en fer : celle du milieu était réservée aux travailleurs, et le fond pouvait s'ouvrir à volonté au moyen de trappes; des éprouvettes, un tube à niveau d'eau et quatre petits guindeaux étaient placés à poste fixe aux parois intérieures de cette chambre.

Les deux chambres latérales pouvaient recevoir alternativement de l'eau ou de l'air, et ne communiquaient avec la chambre de travail qu'au moyen de deux tuyaux placés, l'un à la partie inférieure, l'autre à la partie supérieure, et venant s'embrancher, le premier sur un fort tuyau communiquant par le bas avec l'eau environnante, le deuxième sur le prolongement du tuyau allant de la chambre de travail au récipient à air comprimé.

Pour descendre avec cet appareil, l'une des personnes qui avait pénétré par le trou d'homme ouvrait le robinet du tuyau qui faisait communiquer l'eau environnante avec les chambres latérales. L'appareil devenant plus lourd finissait par s'enfoncer graduellement.

Pendant que la descente s'effectuait, l'opérateur ouvrait le robinet du tuyau qui mettait la chambre de travail en communication avec le récipient à air comprimé de la machine pneumatique. L'air se précipitait alors dans la chambre, et lorsqu'il avait atteint un degré de densité égal à celui de l'eau environnante, c'est-à-dire lorsque l'équilibre des forces à l'intérieur et à l'extérieur existait, ce qu'une éprouvette indiquait, l'opérateur pouvait ouvrir les trappes du bas de la chambre et communiquer avec le fond de l'eau.

Pour transporter latéralement le *Nautilus* dans les endroits où les marées et les courants n'empêchent pas de travailler, on n'avait qu'à prendre pied sur le fond et à pousser avec les mains contre la paroi de la chambre. Dans les endroits où les courants sont plus difficiles, on s'assurait de points fixes auxquels on s'amarrait par des câbles qui se manœuvraient dans tous les sens au moyen de guides.

Pour faire remonter l'appareil, il suffisait de le débarrasser de l'eau renfermée dans les chambres latérales. Pour atteindre ce résultat, l'opérateur ouvrait en même temps le robinet du tuyau par lequel l'eau y était introduite, et le robinet qui mettait ces chambres en communication avec le récipient à air comprimé. Cet air, agissant sur la surface de l'eau, la refoulait à l'extérieur, et la cloche allégée surnageait. Si par un accident quelconque cette manœuvre était rendue impossible, une pompe foulante placée au fond de la chambre de travail permettait d'enlever en quelques secondes l'eau des compartiments, et rendait à l'appareil sa puissance ascensionnelle. On avait le soin aussi de déposer au fond de la cloche le lest dont on pouvait au besoin se débarrasser instantané-

ment par la trappe, de manière à faire remonter l'appareil à la surface.

On voit que toutes les précautions étaient prises pour assurer la sécurité et le service de l'appareil; mais on doit remarquer aussi que ses dispositions et sa manœuvre offraient beaucoup d'analogie avec le bateau plongeur de M. Payerne, lequel pourtant différait du *Nautilus* en ce qu'il n'était relié par aucun tube avec la machine pneumatique emportant l'air comprimé emmagasiné dans sa coque, et qu'il était pouvu, comme nous l'avons dit, d'un appareil de régénération de l'air.

Le bateau avec cloche à plongeur et drague à vapeur de MM. Cavé, que nous allons décrire en détail en nous aidant du dessin (pl. 11), ne présente à la vérité aucune des dispositions nouvelles que nous avons essayé de faire comprendre dans l'examen qui précède. C'est le même système que celui employé par ces constructeurs pour faciliter l'exécution des travaux du Nil; mais tel qu'il est, il reste encore, malgré toutes les tentatives, le plus simple et surtout le plus pratique des appareils de ce genre pour l'exécution d'un grand nombre de travaux sous-marins dans les rivières et dans les fleuves; soit pour établir les fondations des piles de ponts, soit pour arracher des pieux, enlever des pierres ou autres matériaux, pour visiter les barrages mobiles, seuils de portes d'écluses, etc. Du reste, ce qui confirme ce que nous avançons, c'est qu'il a été, depuis plusieurs années, appliqué avec un égal avantage à ces divers usages.

DESCRIPTION DU BATEAU AVEC CLOCHE A PLONGEUR ET DRAGUE A VAPEUR.

REPRÉSENTÉ PAR LES FIGURES DE LA PL. 11.

La figure 1 représente l'ensemble du bateau vu dans le sens longitudinal; une partie de la coque est coupée, ainsi que la cloche et la chambre à air.

La figure 2 en est un plan horizontal vu en dessus, en supposant les chapentes supérieures enlevées et le hangar qui renferme le moteur à vapeur coupé, ainsi que le générateur et la chambre à air de la cloche.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/100e de l'exécution.

Les figures 3, 4 et 5 sont des détails sur une plus grande échelle de la réunion de la cloche avec son enveloppe, de l'assemblage de l'un des regards, et d'un des robinets permettant d'établir une communication entre la chambre du travail et l'antichambre ou l'écluse à air.

Disposition du bateau. — Le bateau proprement dit est composé d'une coque en tôle de 32 mètres de longueur sur 5^{m}20 de largeur; son fond est plat et ouvert vers l'avant pour livrer passage à la cloche à plongeur. Comme celle-ci est recouverte par sa chambre à air, qui occupe toute la largeur du bateau, deux petits tabliers *a* (fig. 2) montés à char-

nières pour pouvoir être relevés au besoin sont disposés sur les flancs de la coque pour permettre de passer de l'avant à l'arrière, et réciproquement. L'avant est recouvert par un plancher en bois A, percé de deux ouvertures rectangulaires fermées par des trappes *a'*, au moyen desquelles on peut descendre dans la chambre qui existe sous le pont. Au dessus de celui-ci sont fixés, sur le plancher, trois treuils B, B' et B² destinés à effectuer la manœuvre de l'avant du bateau au moyen des chaînes *b*, qui passent dans des guides en fonte *b'* fixés au bordage.

L'arrière est recouvert par un plancher en tôle A', muni, comme à l'avant, de trois treuils C, C' et C² sur les tambours desquels s'enroulent les chaînes *c*, qui traversent les guides *c'* pour aller s'attacher aux ancres ou autres points fixes auxquels le bateau est amarré. Sous ce plancher existe une grande chambre servant de logement aux ouvriers, et à déposer les cordages et les agrès; on y descend par un escalier *d*, dont l'entrée sur le pont est fermée par une trappe.

Une seconde chambre D, contiguë à la première, reçoit les cylindres soufflants et les générateurs de vapeurs; on y descend du pont par une échelle en fer *d'*, dont le premier échelon part du plancher de la chambre supérieure E, qui renferme le moteur à vapeur installé sur le pont. Cette chambre est prolongée jusqu'à la cloche pour recouvrir les chaudières, et deux passages latéraux *e* sont ménagés de chaque côté des cylindres à vapeur pour la circulation.

DRAGUE A VAPEUR. — L'appareil dragueur n'offre rien de particulier dans sa construction (1). Ses deux chaînes sans fin *f*, disposées latéralement, sont munies de godets en tôle percées de trous F, et sont formées chacune de longs maillons en fer forgé, alternativement simples et doubles, qui roulent sur des galets en fonte *f'*, supportés par des paliers fixés sur deux longrines parallèles en bois F'. Les deux extrémités de ces longrines sont garnies de coussinets qui reçoivent les axes des deux tambours à joues *g* et *g'*, sur lesquels passe la chaîne sans fin. Dans ce but, la section de ces tambours est un carré dont les côtés ont pour dimension la longueur des maillons, de façon que ceux-ci puissent bien s'appliquer sur chaque face et être entraînés par le mouvement communiqué au tambour supérieur.

A cet effet, l'axe G de celui-ci est prolongé transversalement vers le milieu du bateau pour recevoir une roue G', engrenant avec un pignon *h* calé sur l'arbre de couche *h'* du moteur à vapeur. Le rapport du diamètre du pignon avec celui de la roue est de 1 à 3, de sorte que si l'arbre moteur fait 20 à 25 tours par minute, par exemple, le tambour de la drague n'en fait plus que 7 ou 8 dans le même temps, ce qui est une vitesse convenable pour la chaîne à godets.

(1) Dans le vol. VII de ce Recueil, nous avons donné, avec beaucoup de détails, une belle drague à vapeur à deux chaînes, marchant par courroies, établie par M. Nillus, constructeur au Havre, pour les travaux des grands bassins de cette ville.

On peut incliner plus ou moins les longrines ou échelles F′ de cette chaîne suivant les profondeurs du sol à déblayer, et aussi les relever complétement vers la ligne de flottaison lorsque les chapelets de draguage ne doivent pas fonctionner, ou que le bateau doit être dirigé d'un lieu à un autre; cette opération s'effectue au moyen de deux treuils spéciaux H et H′, sur lesquels s'enroulent les chaînes h^2 qui passent sur les moufles *i* et *i′*. Les treuils sont appliqués sur des montants verticaux I élevés à l'arrière sur les deux bordages; ils aident en outre à supporter, conjointement avec les montants I′, toute les pièces de la charpente J, qui relient au bateau l'appareil de draguage, les supports J′ de l'arbre de transmission et la chambre de la cloche.

Générateur et machines motrices. — La production de la vapeur pour alimenter le moteur s'effectue à l'aide du fourneau J^2, muni de deux foyers au-dessus desquels sont deux chaudières *j* et *j′* à double bouilleur. Les flammes des deux foyers se rendent dans un conduit *k* ménagé à l'extrémité du fourneau, et retournent dans la cheminée K′ en traversant les tubes d'une troisième chaudière j^2, placée entre les deux premières et en communication avec elles. L'alimentation d'eau des chaudières a lieu par une petite machine à vapeur avec pompes adhérentes P, dite *petit cheval,* placé sous le pont, près du fourneau.

La vapeur ainsi produite est recueillie dans les deux dômes *k′*, d'où un tuyau *l*, à double embranchement, la conduit dans les boîtes de distribution *l′*, des deux cylindres L et L′.

La force motrice développée par l'expansion de la vapeur dans ces deux cylindres sur leurs pistons est transmise directement à l'arbre de couche *h′*, muni de deux pignons *h* et des deux volants régulateurs V, par les tiges de ces pistons reliées aux manivelles, et guidées par de longues tringles ou glissières *m*, fixées aux couvercles desdits cylindres.

On voit par ces dispositions que cette double machine à vapeur à deux cylindres accouplés est du système *oscillant*, telles que M. Cavé les a construites pendant longtemps (1). Elle offre dans ce cas un avantage assez sensible comme simplicité d'organes, en ce que non-seulement elle attaque directement l'arbre de couche sans glissières reliées à un bâti, mais encore que les manivelles attachées aux tiges des pistons actionnent, sans organes intermédiaires, les pistons des deux cylindres soufflants M et M′, destinés à refouler l'air dans la cloche à plongeur.

Ces deux cylindres sont eux-mêmes oscillants et du même modèle que les cylindres à vapeur, si ce n'est que leur tiroir de distribution est remplacé par des soupapes d'aspiration et de refoulement à charnières disposées sur les couvercles des deux extrémités.

Quand le bateau est installé pour fonctionner comme drague, on ne

(1) Voir, pour les détails de ce système de machine, le IIe vol. de notre *Traité des Moteurs à vapeur.*

travaille pas naturellement avec la cloche ; il est nécessaire alors de débrayer les pompes pneumatiques, ce que l'on fait très-rapidement en chassant les clavettes qui relient les tiges des pistons des cylindres soufflants aux manivelles motrices. Quand, au contraire, on fait fonctionner l'appareil plongeur, on débraye les chapelets de la drague en faisant glisser les pignons *h* calés sur l'arbre de couche *h'*.

Cloche a plongeur. — L'ensemble de l'appareil qui permet de travailler au fond de l'eau se compose de la grande chambre en tôle N, de 7 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur, dite *chambre à air*, et du cylindre, ou cloche proprement dite, également en tôle, de 4 mètres de diamètre intérieur et de 5 mètres de hauteur.

La chambre à air, du côté de l'avant du bateau, est divisée par une cloison cintrée pour former *l'antichambre* O, permettant de pénétrer de l'extérieur à l'intérieur et *vice versâ*, et muni à cet effet de deux portes *n* et *n'* s'ouvrant du dehors en dedans. Cette antichambre est une sorte d'*écluse à air*, puisqu'elle sert à passer de la pression extérieure à la pression intérieure au moyen de deux robinets semblables à celui O' (fig. 3), communiquant l'un avec l'intérieur, l'autre avec l'extérieur.

Ainsi, s'agit-il de pénétrer dans la chambre N, dans laquelle l'air est comprimé à une pression de deux ou trois atmosphères, plus ou moins, par les deux cylindres pneumatiques M et M', dont la communication est établie par le tuyau *m'*, on tourne du dehors la manette *o* du robinet O' (fig. 3), et l'air comprimé dans l'antichambre s'échappe par l'ouverture *o'* ; la pression atmosphérique s'établit alors et l'on peut ouvrir la porte, qu'aucune pression ne maintient plus fermée. Une fois dans l'antichambre, on ferme le robinet au moyen de la manette o^2 appliquée sur la même clef, mais à l'intérieur ; on effectue ensuite la même manœuvre avec le second robinet en communication avec l'intérieur de la chambre à air, en rétablissant l'équilibre de la pression forcée entre cette chambre et son antichambre O. Pour qu'il n'y ait pas de fuite par les joints des portes *n* et *n'*, elles sont à feuillures et garnies de cuir gras, sur lesquels le cadre en fer des portes vient s'appliquer.

Le plafond de l'antichambre forme à l'intérieur de la chambre un plancher supérieur en tôle *p*, sur lequel on monte par deux échelles en fer *p'* (fig. 2) appliquées latéralement contre les parois. Sur ce plancher sont fixés quatre poteaux en bois P, reliés au dôme de la chambre, et qui sont destinés à recevoir deux forts treuils P', que l'on manœuvre simultanément en agissant sur une même manivelle *q*, qui relie les arbres des deux pignons de commande. Ces treuils, au moyen des quatre chaînes *q'* passant sur un même nombre de poulies mouflées, permettent de soulever ou d'abaisser bien verticalement la cloche suivant les besoins du service.

L'intérieur de la chambre à air est éclairé par huit lentilles en verre épais *r*, serrées et boulonnées dans des cadres en fonte sur les parois en

tôle, comme l'indique le détail (fig. 4). Il y a six lentilles au plafond, et deux autres latéralement au-dessous du plancher *p*; deux autres lentilles sont encore disposées à l'intérieur de l'antichambre pour que celle-ci se trouve également éclairée.

L'ouverture pratiquée dans le fond du bateau pour le passage de la cloche est entourée par une paroi cylindrique en tôle Q, de $2^m,400$ de hauteur, consolidée par des fers d'angle; ce cylindre est une sorte de fourreau dans lequel la cloche peut se mouvoir librement dans le sens vertical. Pour empêcher les fuites d'air entre la cloche et ce fourreau, une chemise en cuir gras Q′ (voyez le détail, fig. 5) est fixée hermétiquement, au moyen d'un fer d'angle *r′*, d'un cercle et de boulons à écrous, d'un bout au bord supérieur du fourneau, et de l'autre bout au bord supérieur de la cloche N′.

Celle-ci, ouverte par ses deux extrémités, est munie en dessus d'une charpente en bois R, destinée à recevoir le treuil R′ pour le levage ou la descente des matériaux, et aussi des madriers formant un plancher mobile, que les ouvriers placent à leur convenance pour se maintenir au-dessus du pont. Quatre échelles en fer S sont maintenues à poste fixe à l'intérieur de la cloche, afin de permettre aux ouvriers de descendre au fond, ou de remonter sur le plancher. En mettant un madrier en travers sur les échelons correspondant à la même hauteur de deux échelles, comme nous l'avons supposé sur la fig. 1, on peut se tenir à une hauteur quelconque à l'intérieur de la cloche, afin de guider l'ascension des matériaux et bien diriger le travail. Les pierres, pieux ou autres objets extraits du fond, d'abord soulevés au-dessus de la cloche au moyen du treuil R′, et par une combinaison de poulies mouflées sur lesquelles passent la chaîne de traction *s*, sont dirigés pour leur sortie du côté de l'antichambre, à l'aide d'un petit chariot qui supporte les poulies supérieures.

A cet effet, ce chariot, renfermé dans la petite caisse en tôle S′ fixée au plafond de la chambre à air, est muni d'une crémaillère qui engrène dans un pignon qu'un homme manœuvre à l'aide de la corde *s′*, entourant la poulie *t*, calée sur le même axe que le pignon.

Pour donner la faculté de descendre le fardeau suspendu au chariot au niveau du plancher de l'antichambre, une partie du tablier *p*, qui forme le prolongement du plafond de celle-ci, peut se soulever; à cet effet, il est monté à charnières et relié aux poteaux P′ par des chaînes *t′*.

Quand on a à extraire des pierres d'un poids considérable ou à arracher des pieux, on applique au plafond d'arrière de la chambre un fort palan et l'on consolide son avant au moyen d'un hauban T (fig. 1), attaché au bateau.

Quand l'appareil plongeur doit fonctionner dans un fleuve à courant très-rapide, on maintient la cloche pour résister au mouvement de l'eau, en reliant son extrémité inférieure par une chaîne *u* (indiquée par une

ligne ponctuée, fig. 1), que l'on tend à volonté au moyen du treuil de manœuvre B^2, qui est muni à cet effet d'un deuxième tambour c^2.

La chambre à air est encore munie d'un sifflet avertisseur u' et de deux cadrans indicateurs à aiguilles ; ces derniers sont destinés à communiquer, l'un à l'arrière, en x, avec le machiniste, l'autre à l'avant, en x', avec le chef de manœuvre. Ce dernier cadran porte les indications nécessaires pour porter le bateau à bâbord, à tribord, en avant ou en arrière. Enfin cette chambre est, en outre, munie d'une valve à disque circulaire qui s'ouvre du dedans au moyen d'un levier, pour laisser échapper l'air comprimé quand on veut cesser le travail.

Service et travail de la cloche a plongeur. — Lorsque l'on veut tratravailler avec la cloche à plongeur, il faut avant tout, comme avec la drague, se placer convenablement pour exécuter le travail à faire, et bien arrêter le bateau sur ses amarres au moyen des treuils B, B', B^2, C, C', C^2, et de leurs chaînes b et c ; ensuite on met la vapeur en pression dans les générateurs j, j' et j^2, pour faire fonctionner les machines motrices L, L', et par suite les pompes à air M et M'.

Avant de faire descendre la cloche, il faut attendre qu'il y ait une assez forte pression dans la chambre à air, afin de faire serrer le cuir Q' contre la paroi du tube en tôle. Il devra en être de même pour la relever ; cette précaution est indispensable dans les deux cas pour éviter que le cuir se double et fasse des plis, ce qui le ferait couper ou déchirer.

Sous l'effet de la compression de l'air, le bateau allégé se soulève à l'avant ; il faut donc s'assurer, lorsque l'on doit arrêter le travail, s'il y a du fond, pour que le bateau, en redescendant prendre son niveau normal, ne s'échoue pas sur des pierres ou sur des pieux, car si on arrêtait brusquement, il pourrait, en retombant sur ces objets, recevoir des avaries.

La hauteur du tube de la cloche est de 5 mètres ; en maintenant son bord supérieur à 1 mètre au-dessus du niveau de l'eau et enfoncé dans son fourreau de $0^m 50$ seulement, on peut le descendre à 4 mètres de profondeur pour trouver le fond.

Le nombre d'ouvriers qui peuvent travailler aisément sans se gêner mutuellement à l'intérieur de la cloche est de 6 ou 8 et plus au besoin ; le service des treuils est très-facile, et les dispositions de l'écluse à air, permettant l'entrée des matériaux ou la sortie des objets extraits, assure la continuité du service, qui peut avoir lieu au besoin jour et nuit sans la moindre interruption par des escouades d'ouvriers de rechange.

La force des machines motrices est de 12 chevaux. La double drague de ce bateau est capable d'extraire 600 à 800 mètres cubes de matières par jour.

FILATURE DE LAINE PEIGNÉE

MÉTIER A FILER MULL-JENNY

DE 250 BROCHES

DIT BOX-ORGAN

Exécuté par M. BRUNEAUX fils aîné
CONSTRUCTEUR MÉCANICIEN ET FILATEUR A RHÉTEL

(PLANCHES 12 ET 13)

La dernière machine de préparation du deuxième degré, le *bobinoir à double mèche finisseur*, dont nous avons donné le dessin sur la pl. 5 de ce volume, précède immédiatement, comme nous l'avons dit, le métier à filer qui donne un dernier étirage, tord et renvide les fils, afin d'en faire des cannettes pour trames, destinées à être placées dans les navettes des métiers à tisser, ou bien des bobines de fils pour chaîne. Le métier à filer, en donnant aux fils un étirage et une torsion sensiblement plus considérables que ne peuvent le faire les machines de préparation, fournit des produits d'une finesse, d'une ténuité et d'une élasticité bien supérieures, qui permettent d'obtenir des cannettes ou des bobines dont les différences en diamètres sont moins sensibles, et dont le fil peut mieux résister à la traction.

Malgré de nombreux et louables efforts tentés pour rendre les *métiers continus*, dont la construction est relativement simple (1), propres à filer la laine, on n'emploie encore presque généralement en France que les métiers mull-jennys, adoptés aussi presque exclusivement pour filer en fin le coton, si ce n'est pourtant que l'écartement des broches est plus grand que dans ces derniers, et qu'au lieu de trois rangées de cylindres cannelés, il y en a quatre et quelquefois cinq, et que chaque table des cylindres ne reçoit qu'une seule mèche.

(1) Dans le vol. IX, en décrivant les systèmes de broches mues par des engrenages désembrayants, nous avons donné le dessin d'un métier de ce genre.

Dans la filature de coton, les mull-jennys ordinaires à bras font maintenant place à ceux connus sous les noms de *self-acting*, métiers automates ou *renvideurs*, lesquels donnent, suivant les cas, une diminution de prix de revient comprise entre 15 et 35 centimes par kilogramme de coton dans les numéros ordinaires ; mais dans la filature de la laine, on n'a pu jusqu'ici les employer avec un certain avantage que pour les fils de chaîne et demi-chaîne, et généralement toutes les qualités surfilées; mais pour les fils de trame, c'est encore le mull-jenny avec renvideur à bras qui donne les résultats les plus satisfaisants.

En présence des difficultés que présentent les *self-acting* pour obtenir les filés fins, on a proposé un système mixte, le *demi self-acting*, dans lequel le renvidage se fait à la main, et la rentrée du chariot automatiquement. Parmi les constructeurs qui sont entrés dans cette voie, nous citerons M. Mercier, de Louviers ; mais jusqu'ici les résultats obtenus par ce système ne paraissent pas présenter une supériorité sensible sur les métiers complétement automates; et s'il ne doit pas en être autrement, le choix devra naturellement rester à ces derniers.

En publiant, dans le tome IX de ce Recueil, le métier mull-jenny *self-acting* de M. Weild, nous avons donné un aperçu historique sur ces métiers et nous l'avons fait suivre d'une liste de brevets délivrés en France jusqu'en 1849. Nous nous occupons actuellement de relever et de dessiner un bon *self-acting,* tel qu'on l'emploie aujourd'hui dans la filature de coton. Mais en attendant, comme il serait à la fois long et difficile d'examiner une à une les nombreuses dispositions mécaniques proposées depuis cette époque, dans le but de perfectionner ce système, nous nous bornerons, quand à présent, à donner, à la fin de cet article, comme renseignements complémentaires, la suite de cette liste, qui comprendra les brevets pris de 1849 jusqu'en 1863 inclus, pour les métiers à filer mull-jennys et autres.

Avant de décrire le mull-jenny à bras, perfectionné et exécuté par M. Bruneaux, nous croyons utile, pour faciliter son étude, de rappeler le principe d'action et les dispositions principales de ces métiers.

Un mull-jenny se compose, comme on sait, de deux parties bien distinctes : l'une fixe et l'autre mobile. La partie fixe reçoit les bobines qui sortent de la dernière machine de préparation, et porte les cylindres d'étirage, ainsi que les principaux organes de la commande.

La partie mobile se compose d'un chariot monté sur des roues destinées à se mouvoir sur des rails formant un chemin de fer fixé sur du plancher, de façon à pouvoir s'éloigner des cylindres étireurs d'environ 1m50. Sur la longueur de ce chariot, il y a autant de broches que de tables de cylindres, et chacune de ces broches est placée vis-à-vis le milieu de chaque table.

Les broches sont inclinées vers les cylindres, sur le devant du chariot et forment avec la verticale un angle qui varie de 14 à 16°. Le haut

de la broche est ordinairement de 55 à 65 millimètres au-dessous du cylindre étireur.

Les broches sont appelées à opérer la torsion du fil au fur et à mesure qu'il est fourni par le cylindre étireur, et à recevoir le fil complétement fini, qui s'enroule sur de petits tubes en papier dont on a le soin de garnir chaque broche (1). Dans les ateliers de filature, ces petits tubes en papier se nomment *bottes*. Pour se rendre compte de la marche d'un tel métier, que l'on suppose d'abord le chariot tout près de la partie fixe ; si l'on met ce chariot en mouvement de façon à le faire reculer de cette partie fixe, les broches, au moyen d'un mécanisme particulier, tourneront avec une rapidité qui peut varier suivant les numéros à filer.

Les filaments fournis par les cylindres étireurs étant réunis aux broches, si celles-ci étaient verticales et aussi élevées que les cylindres étireurs, la matière fournie par ces derniers s'enroulerait sur elles, et la torsion n'aurait pas lieu ; mais, par suite de leur inclinaison et de leur position par rapport aux cylindres étireurs, le fil s'enroule en hélice jusqu'à leur sommet, et à chaque tour de la broche il passe par dessus pour reprendre sa première position.

Il s'en suit que la rotation des broches, au lieu d'enrouler le fil, lui fait subir une véritable torsion, qui est d'autant plus grande que les broches tournent plus vite et que le chariot recule d'une distance moins grande pendant le même temps.

Arrivé à la fin de sa course, le chariot s'arrête en même temps que les cylindres ; le débit du fil n'a plus lieu, et les broches continuent de tourner pour faire subir au fil un complément de torsion, opération qui s'appelle alors *torsion supplémentaire;* la longueur de fil tordu se nomme *aiguillée*, et les opérations qui ont contribué à la formation de l'aiguillée, *sortie du chariot*.

Le fil suffisamment étiré et tordu, il ne reste plus qu'à l'envider sur le tube en papier serré sur la broche. Pour effectuer cette opération, il faut d'abord que les broches tournent en sens contraire, afin de dérouler le fil qui, pendant la sortie du chariot et la torsion, s'était enroulé sur la broche ; cette opération prend le nom de *dépointage*.

Le dépointage fait, une baguette en fil de fer s'abaisse sur les fils, de façon à les guider pour s'envider sur la broche, à la hauteur et suivant la forme convenable, tandis que les broches tournent dans le sens de la torsion en même temps que le chariot se rapproche des cylindres étireurs, jusqu'au complet envidage des fils. Cette opération se nomme *rentrée du chariot* ou *renvidage*.

Arrivé à fin de course, le chariot agit sur un embrayage qui met en mouvement les cylindres étireurs et le mécanisme destiné à opérer la

(1) Dans le vol. x nous avons donné le dessin et la description d'une machine à fabriquer ces petits tubes coniques en papier, de l'invention de MM. Motsch et Perrin.

sortie du chariot, pour recommencer une nouvelle aiguillée, et ainsi de suite, jusqu'à ce que la bobine soit arrivée à la dimension voulue ; à ce moment l'on *fait la levée*, c'est-à-dire que l'on enlève les bobines faites, pour les remplacer par des tubes vides.

L'ensemble des opérations qui concourent à produire le nombre d'aiguillées nécessaire à la formation d'une série de bobines se nomme *la levée.*

L'on voit par ce qui précède que la marche d'un métier à filer mull-jenny comporte une série d'opérations qui se renouvellent périodiquement et que l'on désigne comme suit :

Sortie du chariot,
Torsion supplémentaire,
Dépointage,
Rentrée du chariot ou renvidage.

Dans les métiers que nous allons décrire, les deux dernières opérations s'effectuent à la main ; c'est-à-dire que l'ouvrier lui-même fait marcherle métier pour produire lesdites opérations : de lui dépend donc la bonne exécution du renvidage, qui est une des conditions essentielles à la qualité des produits. Dans les métiers *self-acting*, l'ensemble de toutes les opérations nécessaires au filage se fait automatiquement, sans que l'ouvrier prenne d'autre soin que celui de rattacher les fils qui viennent à casser pendant la sortie du chariot. Mais pour obtenir ce résultat, il en résulte une complication d'organes dont nous avons donné une juste idée en publiant, dans le vol. IX, le renvideur de M. Weild.

DESCRIPTION DU MULL-JENNY DIT BOX-ORGAN

REPRÉSENTÉ PAR LES PLANCHES 12 ET 13.

La fig. 1 de la pl. 12 est une vue de côté du métier, faisant voir la commande générale des cylindres, des tambours et du chariot.

La fig. 2 est une portion de vue en dessus, du côté de ladite commande.

La fig. 3 est une vue de face correspondant aux deux figures précédentes de la partie fixe du métier.

La fig. 4, pl. 13, représente, vus par derrière, les mêmes organes de la transmission, montés sur la partie fixe, et qui sont vus de face, fig. 3.

La fig. 5 montre l'ensemble du métier dans le sens transversal, suivant une coupe faite par le chariot pendant sa sortie, et laissant voir le mécanisme du renvidage.

La fig. 6 est une vue de face d'une partie du chariot, qui montre la commande des broches et celle du renvidage.

Les fig. 7 et 8 font voir en élévation et en plan la transmission du mouvement des cylindres cannelés alimentaires et étireurs.

La fig. 9 montre en détail l'un des tambours qui commandent les broches.

Toutes ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/10 de l'exécution.

Les fig. 10 et 11 représentent, en vue de face et en vue de côté, à une échelle double, soit à 1/5 de l'exécution, l'appareil compteur qui détermine le degré de torsion à donner aux fils.

La fig. 12, pl. 12, est une coupe à la même échelle de la série des cylindres cannelés avec leurs cylindres de pression.

Enfin la fig. 13 est un détail d'assemblage des leviers qui amènent l'arrêt du chariot.

Organes principaux du métier. — La partie fixe du métier, celle qui porte les cylindres d'étirage, ne diffère pas de celle des métiers de ce genre. L'on y retrouve, comme dans les machines de préparation que nous avons étudiées précédemment, un étirage analogue, au moyen de cylindres cannelés; seulement le peigne est ici remplacé par un petit cylindre cannelé supplémentaire avec cylindre de pression en fer.

Cette partie fixe se compose d'une sorte de banc ou tablette en fonte A, appelée *porte-système*, qui repose sur des pieds également en fonte B, placés de distance en distance, et fixés au sol au moyen de boulons. Dans des portées fondues avec les pieds B, sont fixées les tringles *b* (fig. 5, pl. 13), munies des planchettes *b'*, destinées à recevoir les bobines b^2 provenant du bobinoir finisseur. Ces bobines sont enfilées sur une tige en bois, munie d'un rebord à sa partie inférieure, et garnie de deux pointes ou pivots, dont l'une, celle inférieure, repose sur une crapaudine en porcelaine, encastrée dans la planchette inférieure, tandis que l'autre, la pointe supérieure, tourne librement dans un piton vissé sur le bord de la planchette du haut.

Sur le porte-système A sont fixés, de distance en distance, des supports *a*, sur lesquels sont retenus les coussinets des cylindres cannelés. Ces supports sont suffisamment espacés pour permettre à dix cylindres de s'y loger convenablement, lesquels cylindres correspondent à un même nombre de broches du chariot.

Les cylindres *c* (fig. 5 et 12), placés sur le devant, sont les cylindres étireurs; ceux de derrière *f* sont les alimentaires; les cylindres intermédiaires *d* et *e* sont destinés à bien répartir les filaments, afin que l'étirage s'effectue d'une manière convenable.

Chaque rangée de cylindres est d'une seule pièce d'un bout à l'autre de la machine, c'est-à-dire que cette pièce est composée de plusieurs parties qui s'assemblent entre elles fort solidement, pour ne former qu'une seule et même colonne. L'emmanchement des cylindres se fait de la manière suivante : chaque portion de la colonne générale se termine à une extrémité par un carré parfaitement ajusté; l'autre extrémité est

percée au bout d'un trou carré, dans lequel s'ajuste le bout carré de la portion précédente, et ainsi jusqu'à la longueur désirée; chaque portion de colonne se compose de dix cylindres, de sorte que chaque jonction se fait sur les coussinets des supports a; par ce mode d'assemblage, aucune flexion n'est à craindre, et le joint est aussi parfait que possible.

Sur les cylindres étireurs c, et sur les cylindres alimentaires f, sont placés d'autres cylindres en bois c', f', appelés cylindres de pression. Ils sont composés de deux rouleaux en bois accouplés par un petit axe en fer, sur lequel repose la sellette g, laquelle reçoit la pression exercée au moyen du contre-poids C attaché au levier C', dont le point fixe se trouve sur une plaque en fer c^2, boulonnée à deux petits supports c^3 (fig. 12) fixés au porte-système.

Les cylindres de pression de derrière f' sont d'un diamètre plus grand que ceux c', et sont garnis, sur leur circonférence, d'un cuir parfaitement collé, tandis que les cylindres c' sont recouverts de feutre et de parchemin.

La pression sur les cylindres c' est aussi plus forte que sur ceux f', parce qu'ils sont appelés à laminer et à étirer les mèches.

Les cylindres intermédiaires d et e sont surmontés de petits cylindres en fer d' et e', faisant pression par leur simple poids, afin de permettre à la mèche de glisser sous l'action del'étirage produite par les cylindres c.

Ces différents cylindres de pression sont maintenus dans les gorges des supports i et i', qui leur permettent de se déplacer verticalement. Ces supports sont fixés sur le prolongement des coussinets des cylindres e et f, au moyen d'une vis. Le support i' est, en outre, garni d'une règle en bois h, sur laquelle sont fixés, devant chaque cylindre, les entonnoirs en cuivre h', qui servent à guider la mèche entre les cylindres alimentaires f et f'.

Sous le cylindre étireur c, règne un long cylindre en bois D, appelé *cylindre de propreté* ou chapeau, garni extérieurement de *panne*, sorte de drap velouté, qui, en contact avec les cylindres étireurs, leur enlève les barbes, les fils cassés et les impuretés qui se détachent de la laine.

Les rouleaux de propreté D sont supportés, aux deux extrémités, par des leviers à contre-poids D' (fig. 12), fixés de chaque côté des supports extrêmes a. Ces leviers sont disposés de telle sorte, que le fileur peut enlever facilement les rouleaux D pour les nettoyer, et les remettre aussi aisément et rapidement. Une disposition analogue est appliquée pour nettoyer les cylindres cannelés d et e; pour ceux-ci, c'est un coussin à deux branches d' qui est maintenu en pression par un levier D^2, à l'extrémité duquel est suspendu le contre-poids D^3.

Chariot. — Le chariot est formé de deux longues pièces de bois E, F, qui occupent toute sa longueur et réunies entre elles par les traverses en bois E'. Sur la partie supérieure de la pièce de bois E est fixée une longrine F', faisant un angle droit avec l'axe incliné des broches j, et

portant les crapaudines g' de ces dernières. Des colonnettes en fer G (fig. 5), fixées de distance en distance, maintiennent l'écartement d'une autre pièce en bois H, qui porte une plate-bande en métal, munie des collets g^2, dans lesquels tournent les broches j; celles-ci sont munies de petites poulies à gorge, ou noix j', dont la hauteur varie pour chaque broche, et au moyen desquelles elles reçoivent leur mouvement rapide de rotation du tambour incliné J, sur lequel passent les cordes avant d'entourer les noix des broches.

Une autre longrine F^2, supportée par des colonnes en fonte G', fixées aux traverses E', est maintenue à une distance régulière de la pièce F' par des entretoises en fer i^2 (fig. 5). Cette longrine est destinée à recevoir les supports a' de l'arbre de couche a^2 (fig. 5, 6 et 9), sur lequel sont montés les engrenages d'angle I, qui donnent le mouvement aux tambours J, au moyen de pignons d'angle I' montés sur leurs axes.

L'ensemble des pièces de bois E F F' H F^2 forme donc une sorte de caisse allongée, dans laquelle sont logés les tambours et leur commande; les deux extrémités en sont fermées, d'un côté, par un plateau en bois, de l'autre, par une plaque en fonte K (fig. 1). Le dessus de ce chariot est fermé par une planche mince, afin d'éviter la chute des poussières ou duvet à l'intérieur du mécanisme.

Commande principale. — Les différents axes qui composent la commande du métier sont supportés par le pied extrême B' (fig. 1, 2 et 3) du porte-système qui, à cet effet, est disposé d'une façon toute particulière, pour recevoir les divers paliers et pièces de cette commande.

L'arbre moteur L, supporté, d'un côté, par un palier B^2 venu de fonte avec le pied B', et de l'autre par un petit support l, porte deux poulies en fonte : l'une fixe M, l'autre M', folle sur l'arbre. A l'extrémité antérieure de cet arbre est clavelée la roue d'angle k, à denture hélicoïde, engrenant avec une autre roue k', d'un diamètre un peu plus grand, montée sur un petit axe l' supporté par les deux paliers l^2 (fig. 1 et 2) venus de fonte avec une plaque, laquelle porte aussi le support l de l'arbre moteur, et qui est fixée sur le pied B'. L'ensemble de ces trois petits supports et de la plaque se nomme *le fauteuil*. L'extrémité de l'axe l' porte une roue droite L', qui donne le mouvement au cylindre étireur c, par l'intermédiaire des roues L^2 et L^3.

La roue L' peut être remplacée à volonté par une autre d'un diamètre plus ou moins grand, suivant le numéro du fil que l'on veut obtenir; en conséquence, l'intermédiaire L^2 est disposé de telle sorte que son axe peut se déplacer facilement, afin de toujours engrener avec les deux roues L' et L^3. Pour atteindre ce résultat, l'axe de l'intermédiaire L^2 est prisonnier dans une douille en fonte m, dont la queue peut glisser horizontalement dans un sabot m', lequel, à son tour, peut être

abaissé ou élevé facilement sur le support fixe m^2; ce dernier est fondu avec un large patin, qui permet de le fixer à la table A, et avec un support m^3 (fig. 2 et 3), parallèle et en tout semblable à celui m^2, et qui reçoit les engrenages régulateurs de l'étirage.

Sur ce support m^3 est montée, comme la roue L^2, dans une douille, la roue n, appelée *roue de tête de cheval;* elle engrène avec le pignon n', monté sur l'axe du cylindre étireur. L'axe de la roue n reçoit aussi le pignon n^2, appelé *pignon tête de cheval* ou *régulateur*, engrenant avec la roue n^3, fixée à l'extrémité de l'axe des cylindres alimentaires f.

Le pignon n^2 peut être remplacé, suivant l'étirage à produire, par d'autres pignons plus ou moins grands, dont la série se compose de pignons allant en augmentant d'une dent, depuis 40 jusqu'à 60 dents.

Les cylindres intermédiaires d, e, reçoivent le mouvement du cylindre alimentaire f, au moyen d'un pignon f^2, de 38 dents, fixé à son extrémité opposée à la commande (*Voy.* le détail, fig. 7 et 8). Ce pignon f^2 engrène avec un intermédiaire invariable E^2, qui transmet le mouvement à un pignon e^2, de 36 dents, monté au bout des cylindres e, dont l'axe se prolonge pour porter un autre pignon e^3, de 30 dents, qui commande la roue de Marlborough D^2, dont la grande largeur permet au pignon d^2, de 28 dents, fixé sur l'axe des cylindres d, d'engrener avec elle. Comme on peut s'en rendre compte, il n'y a vraiment pas étirage entre les cylindres intermédiaires d et e; leur vitesse est seulement un peu accélérée, pour aider le passage des filaments pendant l'étirage considérable qui a lieu entre les cylindres c et f.

L'arbre principal de transmission L reçoit encore, à son extrémité postérieure, la roue d'engrenage N, qui donne le mouvement, au moyen de l'intermédiaire N', à une roue N^2, fixée à l'extrémité d'un long arbre horizontal O, qui est cannelé dans toute sa longueur. Cet arbre est supporté, à une extrémité, par un palier à longue portée O' (fig. 1), fixé sur le côté du pied en fonte B', et à l'autre extrémité par un palier o, dont on peut régler la hauteur verticale dans la coulisse d'un support intermédiaire O^2, solidement boulonné au plancher de l'atelier.

La mobilité du palier o permet ainsi de régler, avec le plus grand soin, l'horizontalité de l'arbre à nervure, destiné à la fois à la commande des broches et à la conduite du chariot. A cet effet, sur cet arbre glisse une douille P, fondue avec l'engrenage d'angle P', à denture hélicoïdale; cette douille est garnie intérieurement de nervures, correspondant exactement aux cannelures ménagées sur l'arbre O, afin de pouvoir être entraînée par celui-ci, tout en conservant la faculté de se déplacer dans le sens horizontal. Dans ce but, la douille est maintenue dépendante du chariot, au moyen de deux consoles p faisant la fourche, pour la retenir prisonnière entre deux embases dont elle est munie. Il s'ensuit donc que le chariot, en opérant sa sortie, peut entraîner dans son mouvement la douille P, et avec elle l'engrenage d'angle P'.

Cet engrenage communique le mouvement à une roue semblable de même diamètre P^2, montée à l'extrémité de l'arbre de couche a^2, qui règne, comme nous l'avons déjà vu, dans toute la longueur du chariot, et sur lequel sont calées les roues d'angle I, qui donnent le mouvement aux tambours verticaux J. C'est donc l'arbre cannelé, ou à nervures O, qui commande la rotation des broches, par le moyen des différents organes qui viennent d'être décrits.

Sortie du chariot. — Sur les différentes vues d'ensemble représentées pl. 12 et 13, nous avons supposé le chariot, pendant sa sortie, environ aux 2/3 de sa course. Voici comment s'opère cette sortie : sur l'axe prolongé des cylindres étireurs c, et à chaque extrémité de la machine, est fixé un pignon d'angle en fonte p', à denture hélicoïdale, engrenant avec une roue p^2 montée à l'extrémité d'un arbre vertical o', maintenu par sa partie supérieure dans un collet o^2, qui peut osciller dans une douille fixée au porte-système. L'autre extrémité de l'arbre o' est soutenue par une petite crapaudine en bronze, fixée à l'extrémité d'un levier Q, qui a son centre d'oscillation sur l'axe vertical J', sur lequel il est fixé.

Sur cet arbre o', vers sa partie inférieure, est fixé le pignon q, qui engrène avec la roue dentée q' venue de fonte avec le tambour vertical J^2, nommé *main-douce*, lequel tourne librement sur un axe j^2 fixé au petit support j^3, boulonné sur le sol. L'axe j^2 est traversé perpendiculairement par la vis de rappel j^4 (fig. 1), qui sert à régler la position du tambour, afin de tendre plus ou moins la courroie sans fin Q', qui l'embrasse, en passant sur le second tambour J^3, disposé comme le premier sur un axe avec vis de réglage ou de tension j^5. Cette courroie Q' est en outre reliée solidement au chariot par l'intermédiaire du support en fonte K'.

Ces dispositions générales comprises, si on suppose la machine en marche, on voit que les cylindres étireurs c fournissant la laine communiquent le mouvement bien parallèlement, par les deux extrémités, aux arbres verticaux o', au moyen des engrenages d'angle $p'p^2$, et par suite aux tambours J^2, à l'aide des engrenages q et q'. La courroie qui embrasse les tambours, étant suffisamment tendue, suit le mouvement de ceux-ci; mais comme elle est fixée au chariot par le support K', ce dernier, obéissant à l'action qui lui est imprimée, s'éloigne des cylindres étireurs jusqu'à ce qu'il soit parvenu à la fin de sa course; alors, un débrayage, que nous étudierons bientôt, fait osciller le levier Q, lequel, entraînant l'arbre o' dans son mouvement, fait dégrener le pignon q d'avec l'engrenage q' des tambours J^2. Ces derniers n'étant plus animés d'aucun mouvement, le chariot s'arrête.

Il est important que le chariot soit bien guidé pendant sa marche, car sans cela, sa grande longueur tendant à le faire dévier, il en résulterait des ruptures de fil, et le mécanisme intérieur se fausserait. C'est pour éviter ces inconvénients que le chariot est commandé par ses deux extrémités, afin que le tirage se fasse bien parallèlement; de plus des

guides, au moyen de cordes et de poulies, sont établis pour assurer ce parallélisme par rapport à la colonne des étireurs.

La fig. 14, pl. 13, représente, à une très-petite échelle, le système de guides employé; les lignes ponctuées indiquent le chariot, dont les extrémités sont munies des deux poulies superposées R et R'; leurs axes tournent librement dans des supports fixés sous le chariot, et une corde r attachée à un petit bâti en fonte fixé au sol, en avant du chariot, en x, passe sur l'une des poulies R, puis sur l'une de celles R', et de là se rend à un point x' fixé sur le sol, en arrière du chariot. La corde r', fixée de même que celle r, passe sur l'autre poulie R', puis sur l'autre R, en se croisant avec la corde r au milieu du chariot.

L'on comprend facilement que si le chariot avance d'un côté plus que de l'autre, il se produit une tension immodérée sur l'une des poulies, R par exemple, tandis que la même tension a lieu sur l'une des poulies R', mais dans la direction contraire, ce qui rétablit l'équilibre, et conserve au chariot son parallélisme parfait avec la colonne d'étireurs.

Arrêt du chariot et des cylindres. Lorsque le charriot est arrivé à la fin de sa course, un buttoir s (fig. 5 et 6) dont il est muni vient rencontrer une pièce en fonte s' (fig. 2) fixée à l'extrémité d'un long levier horizontal en fer S, qui règne sous le chariot et dans toute la longueur de sa course. Le levier S a son point d'oscillation vers le milieu de sa longueur sur un petit support S' fixé au sol; son extrémité, du côté de l'étirage, fait arrêt sur un bras à double coude en fonte T, ayant son centre de mouvement vers la base de l'arbre J' auquel il est fixé. On se rappelle que sur l'arbre J' est fixé le levier Q qui supporte l'arbre o', lequel porte le pignon de commande des tambours de sortie du chariot.

Le bras T est constamment sollicité en avant, par un ressort à boudin s^2 fixé au plancher. La partie supérieure de l'arbre J', contre-coudé pour le passage de l'arbre à nervures O, traverse une oreille venue de fonte, avec la console du pied B', pour se relier avec une petite manivelle T' (fig. 1 et 13, pl. 12), qui actionne le levier t au moyen de la tige filetée t'. Le point d'oscillation du levier t est pris sur un petit support fixé sur la console du pied B; son autre extrémité porte une fourche t^2 qui embrasse la douille de l'engrenage d'angle k, lequel engrenage peut facilement glisser sur l'arbre qui le porte, sans cependant cesser d'être calé sur lui.

Lorsque le chariot, arrivé à fin de course, vient butter sur le toc s' du grand levier S, celui-ci s'abaisse de ce côté pendant que son autre extrémité se lève, et dégage le bras T, lequel, sollicité par le ressort s^2, exécute un mouvement en avant, pendant que le levier Q fait écarter l'arbre o' et dégrener les tambours de sortie. Le chariot s'arrête alors; mais comme il est nécessaire que les cylindres s'arrêtent en même temps, le bras T communique son mouvement à l'arbre J', et celui-ci à la manivelle T' qui le transmet par la tige t' au levier t et à la fourchette t^2;

alors celle-ci fait débrayer le pignon conique k d'avec la roue k', qui donne le mouvement aux cylindres étireurs. C'est pendant ce temps d'arrêt du chariot qu'a lieu la torsion supplémentaire, que l'on fait varier à volonté suivant le numéro que l'on veut filer au moyen du compteur.

Marche du compteur. — On a pu remarquer que, dans le débrayage qui s'est opéré, lorsque le chariot est arrivé à fin de course, la courroie de transmission qui donne le mouvement au métier n'a pas été déplacée, elle est toujours restée sur la poulie fixe M; par conséquent l'arbre moteur continue de tourner et de commander les broches par l'intermédiaire de l'arbre à nervures Q, de sorte que la torsion du fil a toujours lieu jusqu'à ce qu'un mécanisme, qui est celui du compteur, vienne opérer en temps opportun le débrayage.

Voici comment se compose ce mécanisme, représenté en détail, au 1/5 d'exécution, sur les fig. 9 et 10, pl. 13 et dont la fig. 9 est une vue de face et la fig. 10 une vue de côté. Sur l'arbre moteur L est calée la vis sans fin u, qui donne le mouvement à la petite roue dentée u', laquelle est montée sur un axe supporté par la douille u^2 du support fixe U, boulonné à la console du pied B'.

L'axe de la roue à vis sans fin u' est muni d'un pignon u^3, qui donne le mouvement à une autre roue d'un diamètre double u^4, sur l'axe de laquelle est monté un petit plateau v; celui-ci porte, en un point quelconque de l'une de ses faces, un goujon v' destiné à agir sur la saillie de la pièce en fonte v^2, montée librement sur le prolongement de l'axe de la roue u^4 et du plateau v. Sollicitée par le goujon v', la pièce v^2 soulève le levier X, lequel tient en arrêt la tringle x, au moyen de l'encoche x' sur laquelle est fixé un autre goujon V (fig. 1, 3 et 11), qui pénètre dans la tête du levier de détente Y, forgée avec une fourchette dans laquelle passe la courroie motrice. Ce levier est constamment tiré vers la poulie folle M' par un ressort à boudin x^2 (fig. 2), attaché à un bras coudé Y' boulonné à sa partie inférieure et au plancher de l'atelier.

L'on comprend que l'arrêt complet du métier n'a lieu que lorsque le plateau v a fait un tour entier; à ce moment, la roue à vis sans fin u a fait deux tours, et l'arbre moteur L autant de tours que la roue u porte de dents.

En conséquence, le moment de l'arrêt du métier est subordonné au nombre de dents de la roue u; si l'on remplace cette roue par une autre d'un nombre de dents plus ou moins grand, l'on retarde ou l'on avance le moment d'arrêt du métier et on peut ainsi le régler suivant la torsion qu'il est nécessaire de donner aux fils.

Dépointage et renvidage. — Le fonctionnement du compteur, par suite du passage de la courroie de la poulie fixe M sur la poulie folle M', a donc pour résultat d'amener l'arrêt des broches, qui seules étaient en mouvement; c'est alors que le fileur effectue les deux opérations du *dépointage* et du *renvidage*.

A cet effet, sur l'arbre de couche a^2 qui donne le mouvement aux tambours, et environ au milieu de la longueur du chariot, est fixée la roue d'angle V', qui engrène directement avec une autre roue V^2 (fig. 5), de même diamètre, montée sur un arbre v^3, dont l'extrémité, en dehors du chariot, porte une roue d'engrenage x^2 (fig. 6) ; celle-ci engrène avec un pignon x^3 sur l'axe de laquelle est fixé le volant Z, garni de deux poignées ou manettes z. Les deux engrenages x^2 et x^3 se meuvent dans l'intérieur d'une boîte en fonte Z', appelée *boîte à violon* (en anglais Box-Organ) qui a son point d'attache à une charnière fixée au chariot.

Pendant la marche des broches, ce volant à manettes est animé d'un mouvement assez rapide, qu'il faut annuler lorsque le débrayage se produit. Une fois le volant complétement arrêté, l'ouvrier fileur et son rattacheur saisissent le chariot, le font reculer quelque peu, pendant que le fileur détourne légèrement le volant pour donner aux broches un mouvement en sens contraire, et opérer ainsi le dépointage, c'est-à-dire dévider le fil qui est enroulé au-dessus de la bobine en exécution, jusqu'à la pointe de la broche. Le dépointage une fois terminé, le fileur fait rentrer son chariot, en faisant tourner le volant dans le sens ordinaire, pour commander les broches, et en faisant abaisser la *baguette* qui guide le fil pour le faire enrouler convenablement sur les broches.

Cette *baguette* se compose d'un fil de fer y, qui règne dans toute la longueur du chariot et supporté de distance en distance par des pièces courbes en fer r^2, qui sont fixées sur un axe en fer r^3, régnant également dans toute la longueur du chariot, et supporté par des bras en fonte S^3. La baguette, en faisant pression sur le fil, le force à s'appuyer sur un autre fil de fer y', nommé *contre-baguette*, simplement passé dans des leviers en fer Y^2, ayant un point d'appui sur le dessus du chariot, et l'extrémité opposée à celui qui reçoit le fil munie d'un contre-poids, qui force la contre-baguette a faire toujours pression sur le fil pendant que la *baguette* le fait abaisser et le guide pendant le renvidage. Le but de cette pression de la *contre-baguette* est de tendre le fil, afin que celui-ci s'enroule sur la bobine d'une manière uniforme et avec une tension bien régulière.

Le fileur, pendant le renvidage, doit mesurer rigoureusement le nombre de tours qu'il donne au volant Z, eu égard à la vitesse de rentrée du chariot et à la grosseur des bobines en fabrication.

Si le volant fait un nombre de tours trop considérable, les bobines renvident plus de fil que la vitesse d'avancement du chariot ne lui en fournit, il y a par conséquent rupture de tous les fils.

Si au contraire le volant tourne trop doucement, les bobines ne renvident pas tout le fil fourni par la vitesse d'avancement du chariot; il s'ensuit que les bobines sont molles, parce que la tension sur les fils est nulle. Il faut, pour éviter ces inconvénients, que le développement

à la circonference d'une des bobines soit égal, ou à peu près, à la longueur parcourue par le chariot pendant le même temps; ce à quoi les fileurs arrivent avec un peu d'habitude, et ils parviennent même en peu de temps à acquérir une habileté si grande, qu'ils renvident sans difficulté à toutes les vitesses.

Empointage, et embrayage du métier. — L'empointage est l'opération qui a lieu lorsque le fileur laisse remonter la baguette, et que les fils s'enroulent de nouveau en hélice allongée jusqu'au sommet de la broche. C'est alors que le chariot opère l'embrayage du métier au moyen de la disposition mécanique suivante :

Sous le châssis, qui forme le chariot, est fixé un buttoir y^2 (fig. 2), dont la position peut être réglée à volonté ; ce buttoir à la fin de la rentrée du chariot vient pousser le levier T en arrière; le ressort s^2 cède et l'arbre o' se trouve ramené vers l'axe du tambour, de telle sorte que le pignon q engrène avec la roue q' du tambour de sortie. Le même mouvement doit aussi faire opérer l'embrayage des cylindres. En effet, l'on se rappelle que l'arbre vertical J', centre d'oscillation du levier T, porte à sa partie supérieure un système de leviers T', t t' et t^2 (fig. 1 et 13), lesquels, pendant cette évolution, font engrener la roue d'angle k avec celle k', qui, au moyen de roues intermédiaires, donne le mouvement aux cylindres étireurs, et par suite à tout l'ensemble des cylindres cannelés.

Pendant le temps que cette manœuvre s'est effectuée, le levier T a repoussé un petit levier z' attaché à la branche recourbée Y' fixée à l'extrémité inférieure du levier de détente de la fourchette Y, lequel a son point fixe y^3 (fig. 1) environ au milieu de sa longueur; ce mouvement, produit en arrière de la partie inférieure du levier de détente, a reporté en avant la partie supérieure, dans laquelle passe la courroie motrice, et celle-ci se trouve ainsi reportée sur la poulie fixe; en même temps le compteur s'est trouvé embrayé, par ce fait que l'arrête de la tige x se place derrière l'encoche x' du levier d'arrêt X.

Le chariot peut alors de nouveau opérer sa sortie, pour recommencer la série de mouvements et d'opérations que nous avons essayé de faire comprendre dans la description qui précède.

Il nous reste maintenant à établir les calculs relatifs au métier. Ces calculs sont très-simples et n'ont d'autre but que de déterminer :

L'étirage et la torsion à donner au fil.

Calculs relatifs a l'étirage et a la torsion. — L'étirage des métiers à filer se calcule de la même manière que celui des machines de préparation, c'est-à-dire en divisant le produit des commandeurs par celui des commandés. Remarquons toutefois que l'étirage n'a lieu qu'entre le premier et le dernier cylindre, et que les commandeurs se comptent à partir du cylindre alimentaire.

Le premier commandeur est la roue n^3, de 130 dents, qui est placée

sur le cylindre alimentaire *f*; le second commandeur est la roue de tête de cheval *n*, qui a également 130 dents; leur produit donne

$$130 \times 130 = 16900.$$

Le premier commandé est le pignon régulateur n^2, de 50 dents; le second est le pignon n' de 32 dents, placé sur le cylindre étireur *c* et qui engrène avec la roue de tête de cheval; ces rapports donnent pour produit :

$$50 \times 32 = 1600$$

L'étirage est alors de :

$$\frac{16900}{1600} = 10,56$$

Étirage minimum, car le plus ordinairement la préparation est réglée pour produire aux métiers à filer un étirage de 11 1/2 à 12, pour un grand nombre de numéros, afin de conserver au métier sa marche ordinaire sans avoir à changer les engrenages.

Cherchons maintenant à déterminer la torsion que doit produire le métier, en supposant que l'on veuille filer par exemple du n° 100 en trame.

La torsion s'exprime par le nombre de tours que font les broches, pendant que le cylindre étireur développe un centimètre. L'expérience a démontré que le degré de torsion convenable à donner à un fil, est proportionnel à la racine carrée de son numéro, et qu'il convenait, dans la pratique, de donner la torsion suivante :

Pour chaîne n° 80, 5,50 tours de broche par centimètre de développement du cylindre étireur.

Pour trame n° 100, 4,40 tours de broche par centimètre de développement du cylindre étireur.

A l'aide de ces bases on obtient le degré de torsion d'un fil d'un numéro quelconque; prenons un n° A, par exemple, en désignant par x ce degré, on a :

pour la chaîne, $\sqrt{80} : 5,50 :: \sqrt{A} : x$ d'où $x = 0,615 \sqrt{A}$

pour la trame, $\sqrt{100} : 4,40 :: \sqrt{A} : x$ d'où $x = 0,44 \sqrt{A}$.

Soit à trouver maintenant la torsion à donner à de la trame qui devra être filée au numéro 140. On aura dans ce cas la proportion suivante :

$$\sqrt{100} : 4,40 :: \sqrt{140} : x \qquad \text{d'où } x = 5.20.$$

Avec ces données, on a composé le tableau suivant, qui donne les torsions pour tous les n°s en chaîne ou en trame :

TABLE DES TORSIONS

EXPRIMÉES EN NOMBRE DE TOURS DE BROCHE POUR UN CENTIMÈTRE DE LONGUEUR DE FIL.

NOMBRE D'ÉCHETS au kilogramme.		TORSIONS.		NOMBRE D'ÉCHETS au kilogramme.		TORSIONS.	
Échee de 700 m.	Échee de 1000 m.	Chaîne.	Trame.	Échee de 700 m.	Échee de 1000 m.	Chaîne.	Trame.
30	21	3,37	2,409	38	26,6	3,79	2,71
32	22,4	3,47	2,49	40	28	3,89	2,78
34	23,8	3,58	2,56	42	29,4	3,98	2,85
36	25,2	3,69	2,64	44	30,8	4,08	2,91
46	32,2	4,17	2,98	78	54,6	5,43	3,88
48	33,6	4,26	3,04	80	56	5,50	3,93
50	35	4,35	3,11	82	57,4	5,56	3,98
52	36,4	4,43	3,17	84	58,8	5,63	4,03
54	37,8	4,53	3,23	86	60,2	5,70	4,08
56	39,2	4,60	3,29	88	61,6	5,76	4,12
58	40,6	4,68	3,36	90	63,4	5,83	4,17
60	42	4,76	3,40	92	64,4	5,89	4,22
62	43,4	4,84	3,46	94	65,8	5,96	4,26
64	44,8	4,92	3,52	96	67,2	6,02	4,31
66	46,2	4,99	3,57	98	63,6	6,08	4,35
68	47,6	5,07	3,62	100	70	6,15	4,40
70	49	5,13	3,68	102	71,4	6,21	4,44
72	50,11	5,21	3,73	104	72,8	6,27	4,48
74	51,8	5,29	3,78	106	74,2	6,33	4,53
76	53,2	5,36	3,83	108	75,6	6,39	4,57

Pour obtenir le nombre de tours de broche du métier qui nous venons de décrire, et le disposer dans les conditions nécessaires pour faire du nº 100 en filé par exemple, il faut d'abord faire le produit des commandeurs et le diviser par celui des commandés.

Considérons les commandeurs à partir du cylindre étireur; nous aurons la roue droite L^3, de 55 dents, la roue d'angle k', de 60 dents; l'engrenage droit N, de 67 dents, monté sur l'arbre moteur; la roue d'angle P′, de 60 dents, montée sur la douille P′ du chariot et qui glisse sur l'arbre à nervures; l'engrenage d'angle I, de 60 dents, monté sur l'arbre de couche du chariot, pour commander le tambour J des broches, qui a 230 mill. de diamètre.

Les commandés sont : l'engrenage L′, de 32 dents, monté sur l'arbre du *fauteuil;* la roue d'angle k, de 50 dents, fixé sur l'arbre moteur; la roue droite N^2, de 52 dents, fixée au bout de l'arbre à nervures; la roue d'angle P^2, de 60 dents, à l'extrémité de l'arbre de couche du chariot; le pignon d'angle I′, de 50 dents, calé sur l'axe du tambour vertical, et

la noix de chaque broche, de 20 mill. de diamètre. En effectuant les différentes opérations au moyen des données ci-dessus, nous aurons :

$$\frac{\text{Produit des commandeurs, } 55 \times 60 \times 67 \times 60 \times 60 \times 230}{\text{Produit des commandés, } 32 \times 50 \times 52 \times 60 \times 50 \times 20} = 37^{t}\,32$$

Chacune des broches est donc animée d'un vitesse de 37,32 tours, pendant que le cylindre étireur ferait un tour ; son diamètre étant 27 mill., il développe alors dans un tour,

$$0{,}027 \times 3{,}1416 = 0^{m},08482.$$

Le problème se trouve réduit maintenant à trouver combien la broche fait de tours pendant que le cylindre développe 1 centimètre ; sachant alors qu'elle fait 37 tours 32, quand le cylindre développe 8 cent. 482, on obtient pour chaque centimètre développé

$$\frac{37{,}32}{8{,}482} = 4^{t}40.$$

Il est facile ensuite de déterminer le nombre de dents que doivent avoir les pignons L′ et N^2, pour obtenir un nombre de tours de broche donné pendant un développement de 1 centimètre du cylindre étireur.

Ainsi, supposons que l'on ait à filer du n° 85 chaine, en se reportant au tableau précédent, on voit qu'il faut 6 tours de broche pour 1 centimètre de fil développé, par conséquent en établissant la proportion suivante :

$4{,}40 : 52 :: 6 : x.$ On a $x = 70$ dents pour le pignon L′.

On pourrait dresser une table calculée d'après une série de proportions analogue, afin de déterminer les différentes torsions que l'on peut obtenir au moyen des engrenages de rechange, mais ces calculs sont si simples à effectuer, que le seul exemple que nous en donnons suffit pour en bien faire comprendre la marche.

Les engrenages de rechange du *fauteuil* sont assez nombreux pour obtenir tous les degrés de torsion voulus. Cette série d'engrenages commence par un premier pignon de 20 dents, le second en a 21, et ainsi de suite jusqu'à 30 ; et à partir de 30, de 2 dents en 2 dents jusqu'à 40.

Les engrenages de rechange N^2 sur l'arbre à nervures sont au nombre de 4 ; et le nombre de leurs dents va en progressant de 4, depuis 44 jusqu'à 56 dents.



LISTE DES BREVETS PRIS EN FRANCE

DE 1849 A 1863, POUR LES MÉTIERS A FILER MULL-JENNY ET AUTRES.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
WEILD (1)........	Perfectionnements dans les machines et métiers à filer le coton et autres matières fibreuses..	21 juin 1849.
ROBINSON.........	Perf^{mts} ajoutés aux machines propres à préparer, à filer................................	4 août 1849.
SALADIN..........	Procédé de filature *demi-automate Saladin*....	4 septembre 1849.
FERRIER-DELSART..	Appareil propre à filer, retordre et encoller les chaînes simples sur le même métier, et pouvant s'adapter à tous les métiers *mull-jennys*.	7 septembre 1849.
JONGH............	Application de certains moyens pour l'obtention d'une grande régularité dans les fils de coton et autres, retordus ou câblés, lesquels moyens peuvent être adaptés aux *mull-jennys*.......	8 octobre 1849.
BAISSE...........	Machine dite appareil ou métier à filer la laine.	18 octobre 1849.
DODGE...........	Certains perfectionnements dans les mécaniques propres à filer le coton, la laine, etc........	30 janvier 1850.
BRUGGEMAN........	Perfectionnements apportés au mécanisme de renvidage applicable aux bancs à broches et aux machines à filer......................	11 février 1850.
BLOCK............	Perfectionnements apportés aux machines à filer et à doubler le coton, le lin, la soie, etc.....	6 mars 1850.
EASTMAN..........	Divers changements et perfectionnements apportés aux métiers à filer et à retordre le coton, la laine, la soie, etc................	7 mars 1850.
KIRKMAN..........	Perfectionnements apportés aux machines propres à filer et à tordre le coton, la laine, etc.	18 mai 1850.
CAPELAIN.........	Perfectionnements dans les machines à filer...	8 juillet 1850.
VILLEMINOT-HUART.	Perf. d'un métier à filer la laine dit *mull-jenny*.	30 juillet 1850.
SOUBEYRAN........	Machine à filer la laine ou autres matières filamenteuses, dite *fileuse tondeuse continue*....	18 septembre 1850.
RONNET..........	Perfectionnements apportés dans les métiers à filer la laine et autres matières filamenteuses.	21 septembre 1850.
LEIGH............	Perfectionnements apportés aux appareils propres à filer et à tordre le coton, la laine, etc.	7 octobre 1850.
HILL.............	Perfectionnements apportés aux machines à filer le coton et autres matières filamenteuses.	15 février 1851.
PUTHAMUS........	Perfectionnements aux machines à filer.......	8 avril 1851.
MASON............	Perfectionnements apportés aux machines à filer la laine et autres matières filamenteuses.	9 mai 1851.
HELLER...........	Machine à filer, dite *mull-jenny renvideuse*...	20 juin 1851.
HERMANN.........	Tambour de métier à filer le coton, la laine, etc.	9 août 1851.
PERRIN et ARNOULD.	Renvidage mécanique applicable à tous les métiers *mull-jennys*........................	11 août 1851.

(1) La liste donnée dans le vol. IV s'arrêtait à ce brevet dont nous avons le dessin et la description.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
DANGUY	Perfectionnements apportés aux *mull-jennys* automates	20 août 1851.
MACINDOE	Perfectionnements dans l'appareil ou mécanisme destiné à préparer, à filer, à doubler ou retordre le coton, la laine, etc.	27 septembre 1851.
PERRIN	Système de renvideur mécanique pouvant s'adapter à tous les genres de métiers à filer *mull-jenny*, soit à cordes, soit à engrenages.	18 octobre 1851.
GRÜN	Perfectionnements appliqués aux métiers à filer, renvidant mécaniquement, *système Roberts*	5 janvier 1852.
SCHLUMBERGER	Préparation et filature de la laine, de la bourre de soie et autres matières filamenteuses	8 mars 1852.
PERRIN et ARNOULD	Retordeur mécanique applicable à tous les métiers à filer *mull-jennys* en général	12 juillet 1852.
PERRY	Perfectionnements dans les machines et appareils pour préparer et filer la laine, le lin, etc.	22 octobre 1852.
DELEBART	Perfect. apportés dans les métiers à filer *mull-jennys*	10 décembre 1852.
VILLEMINOT	Moyen de commander les broches des métiers à filer la laine par une seule corde	15 décembre 1852.
COLETTE	Améliorations apportées dans les machines à filer les laines cardées	27 décembre 1852.
VIMONT	Système de machine à étirer et à filer les laines cardées dit *continu Vimont*	29 décembre 1852.
HIGGINS et WHITWORTH	Perfectionnements apportés aux métiers propres à filer et à doubler le coton, la laine, etc.	28 février 1853.
BARLOW	Perfectionnements dans les machines à filer, doubler et tordre le coton, la laine, etc.	14 juin 1853.
OGDEN	Perfectionnements dans les *mull-jennys*	8 juillet 1853.
HOGDSON	Perfectionnements dans les machines à filer	19 juillet 1853.
ESCUDIER	Guide-fil applicable à tous les métiers à filer au moyen d'une spirale	21 septembre 1853.
POPPLE	Perfectionnements dans les mécaniques pour la filature du coton et autres matières textiles	12 octobre 1853.
FOURCROY	Perfectionnements à la commande de la main douce dans les *mull-jennys*	28 novembre 1853.
VILLEMINOT-NEUVILLE	Métier *mull-jenny* perfectionné	14 décembre 1853.
FERRIER	Métier pour la filature et le retordage des chaînes en laine sur les métiers *mull-jennys*	31 décembre 1853.
BORIE	Perf. aux métiers à filer, dits *self-acting*	12 janvier 1854.
BARROIS	Guide renvideur servant à faire les canettes et les grosses bobines sur les *mull-jennys*	8 février 1854.
DOLNE	Appareils étireurs s'appliquant aux machines à filer la laine, le coton, etc.	25 avril 1854.
BRIERLEY	Perfectionnements apportés aux machines pour filer et doubler le coton, la laine, etc.	6 juin 1854.
RONNET	Perfectionnements aux métiers *mull-jennys*	24 juin 1854.
PERRIN et ARNOULD	Système de renvideur mécanique applicable aux métiers à filer dits *mull-jennys* de tous genres.	10 juillet 1854.
A. KOECHLIN et Cᵉ	Application d'une glissière mobile agissant sur	

Noms des brevetés.	Titre des brevets	Dates.
	un ressort et servant de point d'attache à la corde de rentrée du chariot des métiers à filer *mull-jennys* renvideurs, dits *self-acting*.	1er février 1855.
Saladin..........	Perfectionnements de filature appelé *aide-fileur*.	10 mars 1855.
Roberts..........	Perf. dans les machines à préparer et à filer le coton, la laine, etc......................	13 avril 1855.
Schlumberger....	Perfectionnements dans les machines à préparer, filer et retordre......................	10 septembre 1855.
Hetherington.....	Perfectionnements apportés aux métiers à préparer, filer et doubler le coton, la laine, etc.	8 octobre 1855.
Pettitt..........	Perfectionnements apportés dans la préparation et la filature du coton, la laine, etc.........	19 octobre 1855.
Belanger.........	Application d'un système propre à la filature en fin de la laine cardée.....................	23 janvier 1856.
Grün............	Application, d'une manière générale, des métiers demi-automates à la filature de la laine.	8 février 1856.
Huteau..........	Appareils dits *régulateur et modérateur* applicables aux métiers renvideurs automates....	19 mars 1856.
Schlumberger fils.	Métier renvideur...........................	7 avril 1856.
Stehelin et Ce.....	Mouvements *self-acting* ou automates applicables à tout métier à filer..................	25 mars 1856.
Lister et Ce......	Perfectionnements dans les métiers à filer.....	23 novembre 1856.
Wiede...........	Système de *mull-jenny* à filer la laine cardée..	23 août 1856.
Chenantais-Canin.	Système de filature applicable à la laine et autres matières filamenteuses.................	30 août 1856.
Lister...........	Perfectionnements apportés à la préparation et au filage du coton.........................	8 septembre 1856.
Hofer...........	Appareil régulateur de la filature en général...	9 octobre 1856.
Sellars..........	Perfectionnements apportés dans les mécanismes ou appareils destinés à filer, doubler ou retordre le coton, la laine, etc.............	5 novembre 1856.
Heiller..........	Mécanisme de métiers à broches pour tordre, retordre, doubler, etc.....................	26 décembre 1856.
Dutuit...........	Perfectionnements aux métiers à filer.........	9 janvier 1857.
Kirkman..........	Perfectionnements dans les machines à filer et à tordre le coton, la laine, etc.............	16 janvier 1857.
Stehelin.........	Tambours horizontaux pour métier à filer.....	11 avril 1857.
Valbaum.........	Système de métier à filer dit *renvideur*........	30 avril 1857.
Fanjaud..........	Système de métier continu renvideur pour les laines cardées............................	4 mai 1857.
Bailey...........	Perfectionnements dans les métiers à filer la laine, le coton, etc........................	8 mai 1857.
Baudrin..........	Torsion progressive pour métier à filer........	14 mai 1857.
Schmutz.........	Perfectionnements appliqués aux métiers à filer dits *mull-jenny self-acting*................	4 juin 1857.
Sentis...........	Perfectionnements dans la filature des laines.	27 juin 1857.
Lecoeur..........	Métier à filer continu à renvidage conique.....	1er août 1857.
Walker..........	Perfectionnements apportés aux mouvements différentiels des machines de filature.......	30 septembre 1857.
Pasturel et Ce...	Système de machine à filer..................	19 novembre 1857.
Haxaire..........	Système de tambour moteur des broches des métiers à filer *self-acting*.................	9 décembre 1857.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
Heiller....... ..	Perfectionnements apportés aux métiers à broches pour tordre, retordre, doubler les fils de soie, de coton, etc., dits *système Heiller*.....	7 janvier 1858.
Delavigne........	Métier à filer dit *renvideur automate*.........	30 janvier 1858.
Schmidt..........	Procédé de filature du coton	15 mars 1858.
Zambaux.........	Perfectionnements aux métiers à filer	4 mai 1858.
Beniest et Ce.....	Divers mouvements applicables aux *mull-jennys*, et servant à tendre et à enrouler sur la bobine le fil de laine ou de coton...........	6 mai 1858.
Guibert..........	Machine à filer dite *fileuse articulée à jet continu*, ou *fileuse à étirage et à torsion à volonté*, sans rompre les fils, etc..............	17 mai 1858.
Lithern..........	Système de métier renvideur continu	20 août 1858.
Flageollet et Ce..	Système de renvidage mécanique pour les machines à filer............................	22 août 1858.
Caucboix.........	Bobineau de corde à boudin continu, propre à filer la laine, la soie, etc....................	27 août 1858.
Lambert..........	Perf. apportés dans les machines à filer........	1er septembre 1858.
Villain...	Perfectionnements apportés dans les métiers à filer ou à retordre les matières filamenteuses.	7 octobre 1858.
Calvairac et Ce...	Machine propre à filer le coton, la laine peignée et la laine cardée, dite *appareil Calvairac*...	14 octobre 1858.
Duboc....	Perfectionnements dans les métiers à renvider, ou à tordre et à retordre....................	30 décembre 1858.
Sircoulon.	Appareil dit *presseur équilibré* applicable aux métiers à filer............................	19 janvier 1859.
Cabaret..........	Guide-baguette mécanique pouvant s'adapter à tout genre de métier à filer.............. .	12 mai 1859.
Boigrol..........	Système propre à donner de la torsion et à opérer le renvidage d'une manière continue....	9 juin 1859.
Renard...	Métier continu à filer.......................	15 septembre 1859.
Bruneaux et Ce...	Genre de métier à filer......................	29 octobre 1859.
Boccart..........	Perfectionnements dans les métiers à filer.....	26 novembre 1859.
Duboc.........	Perfectionnements dans les métiers à renvider, à tordre et à retordre......................	10 décembre 1859.
Ernoult Bayart...	Système mécanique régulateur de la marche du chariot dans les métiers à filer la laine cardée.	30 mai 1860.
Victory..........	Perfectionnements apportés dans les machines à filer la laine, le coton, etc................	30 mai 1860.
Villain..........	Perfectionnements des *mull-jennys*....	23 août 1860.
Ernst............	Cordage dit *cordes de Scroll*, applicable aux métiers à filer dits *self-acting*.................	3 octobre 1860.
Stehelin.........	Perfectionnements aux métiers à filer *continus*.	15 novembre 1860
Legherr..........	Perfectionnements aux métiers à filer *continus*.	10 décembre 1860.
Lecoeur	Perf. aux métiers continus à renvidage conique.	20 décembre 1860.
Fielden..........	Perfectionnements aux *mull-jennys* renvideurs.	22 décembre 1860.
Harmel..........	Perfectionnements apportés aux métiers à filer la laine cardée...........................	17 janvier 1861.
Moerckel.	Régulateur servant à régler mécaniquement le renvidage aux métiers à filer automates.....	26 janvier 1861.
Chaverondier.....	Broche à filer et à retordre le coton et autres matières filamenteuses, système continu.....	28 janvier 1861.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
BOURCART.........	Perfectionnement au métier à filer le coton, etc.	11 avril 1861.
SMITH............	Perf. aux machines à préparer et à filer le coton, etc.	21 avril 1861.
BRESSON..........	Système de machines à filer et à feutrer la laine.	21 juillet 1861.
MIQUEL...........	Système de métier pour filer en fin, dit *fileur continu à broches forées*....................	24 juillet 1861.
LEFEBVRE.........	Appareil additionnel aux métiers *mull-jennys*, à l'effet d'empêcher les mariages...........	3 août 1861.
BLOODGOOD.......	Perfectionnements dans les machines à étirer et à filer la laine et autres matières fibreuses...	14 août 1861.
SCHLUMBERGER.....	Perfectionnements aux métiers à filer.........	5 novembre 1861.
HIGGINS et WHITWORTH.........	Perfectionnements apportés aux appareils servant à filer et à doubler le coton, etc.......	26 décembre 1861.
LEYHERR.........	Métier fileur-renvideur continu...............	11 janvier 1862.
BABEAU...........	Système de machine propre à filer les laines et les cotons, dit *fileur continu*................	18 janvier 1862.
DELABART-MALLET.	Perfectionnement au mécanisme des métiers à filer, dits *mull-jennys demi-renvideur*......	1er mars 1862.
DE YONGH........	Appareil applicable aux machines à filer pour humecter en filant le coton, la laine, etc....	14 mars 1862.
EATON............	Perfectionnement dans les appareils à filer le coton et autres matières filamenteuses.......	5 mai 1862.
BOIN.............	Perfectionnement aux métiers *mull-jennys*....	4 juin 1862.
DELAVIGNE........	Métier *mull-jenny* continu.......	23 août 1862.
RONNET...........	Améliorations dans les appareils continus employés dans la filature en laine cardée......	24 septembre 1862.
VILLAIN..........	Perfectionnements dans les métiers à filer.....	31 octobre 1862.
HETHERINGTON.....	Perf. apportés aux *mull-jennys* automatiques..	22 août 1862.
BOURCART.......	Perfectionnements aux métiers renvideurs ou demi-renvideurs..........................	9 janvier 1863.
BOURCART.........	Perfectionnements apportés aux *self-acting* et demi-renvideurs destinés à la filature.......	23 mars 1863.
DERVILLÉ et Ce....	Perfectionnements aux métiers à filer.........	27 mars 1863.
LEBLAN frères.....	Perfectionnement dans la filature de la laine...	4 avril 1863.
FRESNET..........	Système de métier à filer......................	23 avril 1863.
LEGRAND et Ce.....	Disposition perfectionnée de la main douce du métier à filer avec chaîne Vaucanson.......	28 avril 1863.
MUNIER et PREVOST.	Perfectionnements apportés aux métiers à filer..	22 mai 1863.
THOUROUDE-DANGUY............	Mécanisme faisant livrer les cannelés pendant le renvidage, dans les métiers *self-acting*...	27 juin 1863.
SCHLUMBERGER.....	Perfectionnements aux métiers à filer *mull-jennys*.	24 juillet 1863.
MARCHANDON.	Application du renvidage automatique aux *mull-jennys* ordinaires....................	28 juillet 1863.

FABRICATION DU VERRE

CHAUFFAGE DES FOURS A VITRES

PAR LES GAZ DES FOURS A COKE

Par M. VENINI, ingénieur

DIRECTEUR DE VERRERIE A TIONE (TYROL ITALIEN)

(PLANCHE 14)

La houille utilisée directement comme combustible donne en calorique un rendement variable, surbordonné à sa nature. Soumise à la distillation, elle fournit des gaz, de nombreux produits condensables et du coke dont les proportions et la qualité dépendent du mode de carbonisation employé pour obtenir tel résultat déterminé.

La décomposition de la houille dans les cornues destinées à la production du gaz d'éclairage fournit un coke qui ne peut être employé que pour le chauffage domestique, car il n'est ni assez dense, ni assez pur pour servir à la plus grande partie des opérations métallurgiques, au chauffage des locomotives, etc.

Pour obtenir ce coke de première qualité, on faisait usage de fours spéciaux à *flamme perdue* dans lesquels 30 p. 100 restant en gaz, sur les 70 p. 100 de coke que peuvent rendre les bonnes houilles, se volatilisaient ou se brûlaient en pure perte dans les cheminées des fours. De nombreux essais furent entrepris dans le but d'éviter ces pertes en disposant des fours qui permissent à la fois d'obtenir du coke compacte, employer les gaz combustibles, convertir les produits ammoniacaux en sulfate d'ammoniaque, recueillir les goudrons, etc.

Cet important problème est aujourd'hui résolu au moyen de fours de grandes dimensions entièrement clos, chauffés en dessous par la circulation de la flamme d'un foyer spécial, et dans lesquels la houille, par une distillation lente produite par une haute température, s'amollit et, à peine soulevée par le dégagement gazeux, retombe comprimée par le poids considérable de sa propre masse, en conservant une densité augmentée encore par le retrait qu'éprouve le coke en refroidissant.

On s'est aussi beaucoup occupé d'utiliser les houilles de qualités inférieures, les anthracites, la tourbe, etc., impropres au chauffage direct des foyers métallurgiques des fours à platre, à chaux, et même des fours de verrerie, en distillant ces combustibles pour en obtenir des gaz inflammables, susceptibles d'être employés au chauffage de ces foyers.

Nous reviendrons d'une façon toute spéciale sur ces nouvelles et intéressantes applications en décrivant très-prochainement *les fours régénérateurs à gaz* de MM. Siemens. Nous ne nous occuperons donc principalement, dans cet article, que du *chauffage des fours à vitres par les gaz des fours à coke.*

Jusqu'ici, malgré d'assez bon résultats obtenus dans d'autres industries, on n'a pu appliquer industriellement les gaz provenant des fours à coke au chauffage des fours de verrerie, en voici les raisons principales : 1° parce qu'une température sensiblement plus élevé est nécessaire afin que les matières quartzeuses aient à se combiner parfaitement avec les fondantes ; 2° par la nécessité que ces derniers, autant par économie qu'en vue de la supériorité des produits, soient employés dans la proportion la plus petite possible ; 3° par la longueur du temps pendant lequel il est indispensable que cette température élevée se maintienne invariablement, et le besoin de se ménager la possibilité de la modifier après la fusion, c'est-à-dire de la baisser au moment de l'affinage où les matières prennent la consistance nécessaire pour être travaillées ; 4° enfin par le besoin d'obtenir un gaz débarrassé des substances qu'il entraîne avec lui dans son courant naturel à la sortie des fours à coke.

Toutes ces conditions à remplir, qui présentent déjà des difficultés dans les fours ordinaires en usage, sont autant de causes qui ont retardé les améliorations, pourtant reconnues indispensables par l'industrie verrière, pour diminuer les frais considérables de combustible que la fabrication entraîne.

L'idée de projeter les gaz produits par les fours à coke fut mise en exécution à Paris (1) dans une verrerie installée dans ce but; mais soit

(1) Nous trouvons à la date du 6 février 1855 un brevet pris par M. Salmon sous ce titre : *Fabrication du verre à bouteille, du cristal, des glaces, etc., par la chaleur des fours à coke substitués au foyer ordinaire des verreries.* L'appareil décrit dans la demande annexée à ce brevet se compose de quatre fours à coke accolés deux à deux, la bouche des fours tournée en sens opposé et occupant la partie basse d'un four de verrerie. A la partie correspondante au foyer ordinaire du four de verrier, remplacé par les deux fours à coke, mis côte à côte, sont réservés, du côté des creusets et à la naissance de la voûte du four, deux créneaux. Les creusets à fondre les matières vitrifiantes sont posés sur ces créneaux et exposés à recevoir tout le calorique qui se dégage du four par les ouvertures. Le four supérieur, contenant les creusets, reste le même que par les anciens systèmes ; seulement les fours à coke remplaçent le foyer ordinaire, les creusets sont couverts comme dans la fabrication des verres blancs ou découverts à volonté, comme dans celle des bouteilles, et, le four à coke étant continu, il n'y a pas d'interruption dans la chauffe.

que les dispositions imaginées pour faire cette application fussent insuffisantes, soit pour toute autre cause, l'opération échoua. M. Venini, convaincu de la valeur de cette idée et de la possibilité d'en rendre l'application pratique et avantageuse, n'a pas hésité à tenter de nouveaux efforts pour arriver à la solution d'un problème aussi important.

S'occupant du reste d'une manière toute spéciale de l'industrie verrière, M. Venini, mieux que personne devait atteindre le but, ayant déjà, par une série d'études et de nombreuses expériences, réussi à chauffer parfaitement et avec un succès pratique les fours à vitres au moyen des gaz produits par un combustible quelconque dans un générateur approprié (1).

Les combinaisons imaginées par M. Venini pour réaliser le chauffage des fours à vitres par les gaz produits des fours à coke, permet d'obtenir :

1° La prise du gaz de manière à ce que le courant soit continu et régulier sans diminuer les qualités du coke ;

2° Leur dépuration des cendres combinée à l'extraction du goudron ;

3° Leur combustion dans un four à vitres et ses dépendances ;

4° L'application du même principe aux étenderies et à la trempe des verres à vitre soufflés ou fondus, et en général à tous les fours dont on fait usage dans les industries verrière et céramique.

DISPOSITION GÉNÉRALE.

Pour obtenir ces résultats tout à fait pratiques, l'auteur établit les appareils et dispose le local pour les recevoir dans l'ordre indiqué sur notre dessin, planche 14.

L'usine, comme on voit, est composée de deux immenses salles supperposées ; celle du rez-de-chaussée reçoit les fours à coke, disposés sur deux lignes parallèles dont les fronts sont distancés de manière à rendre faciles toutes les opérations de chargement du charbon et de déchargement du coke, ainsi que leur transport par tous les moyens perfectionnés en usage dans les usines de carbonisation les mieux installées.

Des piliers en pierre espacés convenablement supportent le premier étage qui est divisé en trois galeries par des colonnes creuses en fonte supportant la toiture. A cet étage sont placés le four de fusion du verre, les arches à chauffer les pots, à recuire les bouteilles et aussi la gobeletterie, les fours pour la confection des terres, les étenderies pour les

(1) M. Venini s'est fait breveter en janvier 1857, et il prit depuis plusieurs certificats d'addition à ce brevet pour des fours de verrerie alimentés par la combustion du gaz, en utilisant les combustibles inférieurs qui jusqu'ici n'avaient pu être employés dans les fours de cette nature. — Nous avons donné le dessin et la description de l'un de ces fours dans le vol. XX du *Génie industriel*.



verres à vitres, le générateur qui alimente le moteur de la machine soufflante, les meules des matières premières et la taillerie du cristal.

Nous avons omis avec intention d'indiquer sur notre dessin, pour ne pas le compliquer, ces différents appareils nécessaires pour le service du grand four à vitre ; leur disposition, du reste, n'offre rien de particulier, tandis que tout l'intérêt doit se porter sur les dispositions nouvelles qui résultent de l'application du chauffage au gaz du four de fusion.

DESCRIPTION DES FOURS A COKE.

Nous avons supposé comme exemple d'application les fours à coke les plus perfectionnés dont on fait usage maintenant aux usines à gaz de la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage, à La Vilette, à l'usine de la barrière Fontainebleau, et aussi dans l'importante usine de la Société de carbonisation de la Loire et dans d'autres établissements.

Sur la fig. 1 de la pl. 4 sont indiqués en élévation, à droite, en vue extérieure, et à gauche, en section transversale, les six fours accolés placés de l'un des côtés de la salle.

La fig. 2 montre, partie en section faite à différentes hauteurs et partie vue en dessus, la série complète des douze fours disposés sur deux rangées, vis-à-vis l'un de l'autre, de façon à laisser au milieu une large voie pour le service des appareils d'enfournement et de défournement.

Enfin la fig. 3, qui est une section transversale du bâtiment, fait voir les dispositions intérieures de l'un des fours suivant une coupe faite par le milieu de sa longueur.

Les fours de la Société de carbonisation de la Loire, que l'on peut prendre comme modèle (1), ont 7 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur (2). La sole A de ces fours est en briques réfractaires de 8 centimètre d'épaisseur ; elle est inclinée d'avant en arrière pour faciliter le déchargement ; la voûte surbaissée a à sa naissance $0^m 70$, et au centre 1 mètre. L'intrados de la voûte a une épaisseur de $0^m 22$ et est recouvert d'une couche de sable. Sur cette couche est établi un carrelage de $0^m 11$ qui forme la partie supérieure de la chambre de distillation. Les deux extrémités de cette chambre sont ouvertes, et des portes en fonte *a* et *a'*, garnies intérieurement de briques réfractaires, permettent de les fermer hermétiquement. A cet effet ces portes peuvent glisser dans des coulisses

(1) Dans le tome IX, 2e série, année 1862, du *Bulletin de la Société d'encouragement*, se trouve un rapport des plus intéressants fait par M. Gaultier de Claubry sur la fabrication du coke dans cette usine et de tous les produits provenant de la houille. Nous empruntons à ce rapport quelques-uns des renseignements qui suivent sur cette fabrication.

(2) L'invention primitive de ce système de four de carbonisation est due à M. Knab, ingénieur de grand mérite ; mais ils ont subi, pour arriver aux résultats qu'ils donnent maintenant, des perfectionnements notables attribués à divers ingénieurs.

verticales et être soulevées et abaissées facultativement à l'aide des petits treuils B, qui peuvent rouler aisément sur de petits chemins de fer supportés par les montants en fonte de l'armature et desservir ainsi, sur toute la ligne des fours, les portes situées d'un même côté.

Sur la voûte de chacun des fours existe une ouverture *b*, pour le chargement, qui s'effectue au moyen de petits wagons B', montés sur roulettes et cheminant sur un rail-way spécial régnant sur toute la longueur. Une trappe dont le fond du wagon est muni donne passage à toute la houille qu'il contient, et qui s'écoule par l'ouverture *b*, laquelle est munie d'une trémie en fonte se fermant hermétiquement par un couvercle de même métal.

Le wagon contient 1000 kilogrammes; la manœuvre de son déchargement au-dessus de chaque four, répétée cinq fois, introduit donc dans la chambre de distillation 5000 kilogrammes de houille; des ouvriers préposés à ce service l'étendent sur la sole à l'aide d'un râble. Le chargement ainsi effectué, on abaisse les deux portes *a* et *a'* qu'on lute et que l'on serre avec deux clavettes.

Les parois du four sont chauffées à l'aide des gaz et d'une partie du charbon brûlés sur la sole à la fin des opérations, et la température convenable pour la distillation est maintenue au moyen de menue coke ou de houille brûlée sur la grille du foyer *c*. Les produits de la combustion de ce foyer parcourent sous la sole toute la surface en passant du conduit du milieu *c'* (voyez les fours de gauche des fig. 1 et 2) dans les carneaux latéraux c^2, pour revenir par deux conduits inférieurs *d* dans la galerie D commune à tous les fours d'une même rangée, et qui, fermée d'un bout, communique par le bout opposé avec une cheminée placée à l'extrémité de chaque ligne de fours. Une galerie d'aérage D' (fig. 3) règne, sur toute la longueur, au-dessus de celle qui conduit la fumée. Des registres sont en outre disposés entre les carneaux c^2 et *d* pour régler le tirage.

Dans les usines installées pour la fabrication du gaz d'éclairage, les produits de la distillation passent dans un barillet commun à tous les tubes semblables, qui conduisent le gaz de tous les fours aspiré par des extracteurs (1) aux appareils d'épuration, tandis que les goudrons et autres produits condensables s'écoulent, à l'aide de siphons, dans des réservoirs ou citernes destinés à cet usage.

Dans l'application qui nous occupe, les gaz s'échappent à la partie supérieure des petites cheminées *d'* environnées de briques et ayant à leurs sommets les mêmes sections intérieures que celles pratiquées dans la voûte des fours. Ces cheminées débouchent dans les conduits

(1) Nous avons donné la description de ces appareils dans le vol. XIV, et tout particulièrement l'extracteur à trois cylindres établi par M. Gargan pour la Société de la Compagnie parisienne.

latéraux d^2, qui conduisent les gaz dans les chambres de purge dont nous donnerons plus loin une description détaillée.

La distillation de la houille dans les fours dure environ 72 heures, y compris le temps du chargement et du déchargement ; on reconnaît qu'elle est achevée en fermant la valve qui donne issue au gaz, et dont le mouvement détermine la sortie de la fumée, s'il se forme encore des produits volatils, au travers des garnitures des portes.

On extrait le coke, les deux grandes portes *a* et *a'* étant soulevées par les treuils, en poussant la masse entière au moyen d'un *appareil à défourner* E. Cet appareil, dont on peut comprendre les dispositions principales par les fig. 2 et 3, est monté sur trois ou quatre paires de galets (1) roulant sur trois ou quatre rails qui longent les fours. Le défourneur ou repoussoir proprement dit est un plateau en fonte *e* qui a toute la largeur intérieure du four, dans lequel il pénètre en glissant, aidé par des galets, contre les parois latérales. Ce repoussoir, placé exactement devant l'embouchure d'un four, y est arrêté au moyen d'un levier disposé à cet effet ; puis quatre hommes se mettent à la manivelle *e'* pour actionner un pignon, qui, par l'intermédiaire de deux roues, donne le mouvement à un deuxième pignon engrenant avec la longue cremaillère e^2 fixée au plateau *e*, de telle sorte que celui-ci peut se mouvoir horizontalement. En tournant dans le sens convenable, on fait avancer la plate-forme ; celle-ci touche bientôt la masse de coke, la pousse énergiquement, de façon à lui imprimer un mouvement de translation lent, suivant la pente de la sole, pour la faire sortir par l'embouchure postérieure, et glisser sur la surface inclinée et légèrement arrondie disposée immédiatement derrière le four. Il en résulte pour la masse un léger changement de direction qui détermine une dislocation du bloc de coke, en prismes irréguliers.

Quand la fournée est complétement rejetée en dehors de la chambre de distillation, on commence immédiatement à recharger le four, tandis que l'on procède à l'extinction du coke défourné en le recouvrant complétement, sur une épaisseur de 0m 15 environ, avec du poussier de coke qui a déjà servi à la fournée voisine ; on le laisse ainsi pendant 48 heures. Au bout de ce temps le coke n'est pas suffisamment froid pour être chargé à la main, on le découvre donc pour l'exposer à l'air et on le laisse ainsi pendant cinq ou six heures, après lesquelles on le met dans des wagonnets qui le transportent aux magasins, ou directement dans les wagons mêmes du chemin de fer.

Dans l'installation représentée planche 14, nous supposons que les

(1) Notre dessin n'indique que trois paires de galets, parce que nous avons supposé des fours de 6 mètres de longueur seulement ; mais il faudrait, dans les cas d'application de grands fours de 7 mètres, une galerie plus large et réservée entre les deux façades des fours, et qui serait dans ce cas de 10m 50 comme la cote l'indique.

rails sur lesquels glissent les wagonnets sont placés en dehors du bâtiment des fours, à la suite du plan incliné E′ (fig. 2 et 3).

Dans l'usine de la Société de carbonisation de la Loire, suivant un rapport de M. Gaultier de Claubry à la Société d'encouragement, rapport que nous avons déjà cité, les quatre-vingts fours de l'établissement, qui sont presque semblables à ceux que nous venons de décrire, distillent, par jour, 150 tonnes de houille qui, ramenées aux centièmes, fournit :

Gros coke	70.00
Menu coke	1.50
Débris noirs et triages	2.50
Graphite	0.50
Goudron	4.00
Eaux ammoniacales	9.00
Gaz	10.58
Perte	1.92
	100.00

Le coke d'excellente qualité obtenu dans ces fours, est livré partie aux chemins de fer de Paris à Lyon, et de Lyon à Marseille et à Genève, et partie aux hauts fourneaux de Terre-Noire et de Fourchambault.

FABRICATION DU VERRE.

Sans vouloir entrer ici dans les détails de la fabrication du verre, nous croyons utile, avant de décrire le four de fusion chauffé par les gaz des fours à coke du système de M. Venini, de dire un mot sur les procédés ordinaires employés dans les premières préparations. Nous pourrons ainsi arriver à faire mieux comprendre aux lecteurs qui ne connaissent pas cette branche d'industrie, l'application particulière imaginée par l'habile et persévérant inventeur.

On désigne sous le nom de verre, dit M. Payen (1), diverses substances fusibles à une température élevée, solides à la température ordinaire, cassantes et brillantes; mais dans les arts industriels, le verre est toujours formé de silicate. On peut distinguer les espèces suivantes :

1° *Verre soluble,* silicate simple de potasse ou de soude, ou mélange de ces deux silicates; 2° *verre de Bohême,* silicate de potasse et de chaux; 3° *verre à vitre, gobeletterie, glace, crown-glass,* etc., silicate de potasse et de soude, ou de soude et de chaux; 4° *verre à bouteille,* silicate de potasse ou de soude, de chaux, d'alumine et d'oxyde de fer; 5° *cristal ordinaire,* silicate de potasse et d'oxyde de plomb; 6° *flint-glass,* silicate de potasse et d'oxyde de plomb, plus

(1) Nous empruntons les renseignements qui suivent à la *Chimie industrielle* de M. Payen, et à un article publié dans les *Annales du Conservatoire impérial des Arts et Métiers,* par M. E. Péligot, sous le titre : *Douze leçons sur l'art de la verrerie.*

riche en oxyde de plomb que le précédent; 7° *strass*, silicate de potasse et d'oxyde de plomb, contenant plus d'oxyde de plomb que le flint-glass; 8° *émail*, silicate et stannate ou antimoniate de potasse, ou de soude et de plomb.

Matières premières.— On voit, par la nomenclature qui précède, que toutes les sortes de verres contiennent comme élément essentiel la *silice*. Le choix de cette matière première, dit M. Péligot, exerce l'influence la plus directe sur la qualité du verre. Pour les verres blancs, tels que le verre de Bohême, le cristal, le verre à vitre, le verre à glaces, la silice doit être aussi pure, aussi exempte de fer que possible. Les Bohêmes emploient le quartz hyalin étoné, trié et pulvérisé dans des mortiers en bois, avec des pilons en quartz. Ils évitent ainsi l'introduction dans leur silice de parcelles métalliques.

En France et en Belgique, pour le cristal, les glaces, le verre à vitre, la gobeletterie fine, on se sert généralement des sables les plus blancs de Fontainebleau, de Champagne, de Nemours, etc.

En Angleterre, les sables du pays sont ferrugineux; aussi les glaces et les verres à vitres de fabrication anglaise présentent-ils une couleur verte très-marquée. On est réduit à se servir de silex, de craie, qu'on étone et qu'on pulvérise. Pour les glaces on emploie le sable de mer de l'île de Wight; pour les produits de luxe, les cristalleries anglaises font venir leur sable de France et même d'Amérique. Pour les bouteilles, on recherche au contraire les sables ferrugineux et argileux, parce qu'ils apportent avec eux le fer et l'alumine qui entrent comme fondants dans ces sortes de verres.

Potasse. — La fabrication des verres de Bohême et du cristal réclament de la potasse (carbonate de potasse) aussi pure, aussi riche en degré que possible. Les potasses qu'on emploie de préférence sont les potasses perlassées d'Amérique et la potasse provenant des résidus du travail des betteraves, qu'on désigne en France sous le nom de potasse indigène. En Bohême on se sert de la potasse provenant des cendres de bois du pays ou de la Hongrie.

Soude. Cet alcali, dont l'emploi est beaucoup plus général aujourd'hui que celui de la potasse, est introduit dans la composition du verre sous forme de carbonate (sel de soude), plus souvent à l'état de sulfate. Le sel de soude n'est plus guère employé que dans la fabrication de la gobeletterie fine; pour les glaces, il a été remplacé, en grande partie, dans ces dernières années, par le sulfate de soude purifié. Ce dernier sel, qui donne au meilleur marché possible l'élément alcalin du verre, est aussi en usage dans la fabrication du verre à vitre et des bouteilles. On facilite ordinairement sa décomposition par l'addition d'une petite quantité de charbon.

Chaux.— Pour ces deux dernières sortes de verres, pour les glaces et le verre de Bohême, la chaux est employée tantôt à l'état de chaux éteinte, tantôt à l'état de carbonate (pierre calcaire, calcaire cru, calcaire saccharoïde, marbre).

Oxyde de plomb. — C'est toujours à l'état de minium que le plomb entre dans la combustion du cristal, bien qu'il y soit à l'état de silicate de protoxyde de plomb. Il est de la plus grande importance que le minium soit exempt d'oxydes ou de métaux colorants, quand il est destiné à la fabrication du cristal blanc.

Pots ou creusets et briques pour la construction des fours.— Les matières premières qui par leur combinaison, ajoute M. Péligot, produisent le verre, sont amenées à l'état de fusion dans des grands creusets en argile réfractaire. La bonne qualité de ces creusets est d'une grande importance. Ils doivent pouvoir

supporter plusieurs semaines une température de 1000 à 1200 degrés sans se déformer, sans se fondre, sans se vitrifier. Les briques qui servent à construire les fours exigent les mêmes soins ; elles sont généralement faites, ainsi que les creusets, dans la verrerie, avec la forme qu'elles doivent avoir d'après la position qu'elles occuperont dans le four.

On fait choix des argiles les plus réfractaires, exemptes, autant que possible, de fer et de chaux. En France, on emploie le plus souvent l'argile plastique de Forges-les-Eaux (Seine-Inférieure). Elle contient 73 de silice et 27 p. 100 d'alumine avec des traces de fer. L'argile d'Andenne, des environs de Liége est généralement employée en Belgique. C'est une terre d'une qualité très-supérieure, recherchée également en France et en Prusse. Elle est composée de 64,2 p. 100 de silice, 33,7 d'alumine et 2,1 d'oxyde de fer. En Angleterre on se sert de l'argile de Stourbridge ; elle contient 7 à 8 p. 100 d'oxyde de fer et 0,5 de chaux.

Pour parer au retrait considérable que toutes les argiles subissent à la cuisson, l'argile crue est toujours mélangée avec de l'argile cuite qu'on désigne habituellement sous le nom de *ciment*. A cet effet, on se sert le plus souvent de débris de creusets soigneusement dépouillés du verre qui y reste adhérent. Ces débris sont pulvérisés sous des meules verticales en fonte ; ou bien on cuit au four à réverbère l'argile séchée et réduite en poudre, qui forme alors le ciment. On en fait une pâte homogène, dans un pétrissoir mécanique, avec l'argile crue et de l'eau. Le mélange est ensuite *marché*, comme la plupart des pâtes céramiques. On en forme des blocs qu'on laisse pourrir pendant quelques semaines dans un local humide. Cette opération donne à la matière une certaine plasticité. Un homme marche dans sa journée la quantité nécessaire pour faire un pot, soit 300 kilogrammes.

Les proportions d'argile crue et de ciment varient selon la nature de l'argile. On emploie habituellement trois parties d'argile pour une partie de ciment ; en Angleterre, cinq parties pour une partie ; en Belgique, pour la terre d'Andenne, partie égale, ou cinq de ciment pour quatre de terre crue.

Les creusets qui servent à fondre le verre ont une forme et une dimension variables. Ils sont ronds, ovales, rectangulaires ; pour le cristal fait à la houille, ils sont couverts et présentent la forme d'une cornue à col très-court, leur hauteur varie entre $0^{m}60$ et 1 mètre. Quand ils sont cuits, leurs parois latérales ont 5 à 7 centimètres d'épaisseur, le fond 10 centimètres. Les grands creusets contiennent 5 à 600 kilogrammes de verre fondu.

FOURS DE FUSION.

L'une des parties les plus importantes de la fabrication du verre, est, sans contredit, celle de la fusion des matières qui le produisent ; presque partout, et notamment en Bohême, les bâtiments sont établis sur les lieux de production du combustible, et, généralement, pour ceux qui se servent de bois, les locaux composant l'usine changent au fur et à mesure que le bois devient rare. Les verreries qui emploient la houille ont leur situation aussi rapprochée que possible des terrains houillers. Les fours généralement employés, quoique de formes très-variées, ne diffèrent pas sensiblement, en principe, de ceux employés depuis les

temps les plus reculés. Voici, d'après M. Péligot, quelques renseignements généraux sur les fours de fusion actuellement en usage :

Ces fours sont construits avec des briques réfractaires faites avec la même terre que les creusets. La température qui s'y développe doit être très-élevée, constante, facile à régler. La flamme circule entre les pots, qui reposent sur les banquettes. La voûte du four est surbaissée de manière à profiter de la chaleur réfléchie. Les fours sont de forme circulaire ou rectangulaire. Ils contiennent ordinairement huit ou dix creusets. Au milieu se trouve une longue grille dont le cendrier est en contre-bas du sol. L'arrivée de l'air pour le tirage se fait par des galeries souterraines. Chaque pot se trouve en communication avec une ouverture ménagée dans la paroi du four, qu'on appelle *ouvreau.* C'est par cette ouverture qu'on cueille le verre et qu'on introduit les matières premières, la *composition* qui sert à le produire.

Les phénomènes produits pendant la fusion varient selon la nature des verres. Si la composition est un mélange de silice, de carbonate de chaux et de carbonate de soude, la matière se fritte d'abord, et quand la fusion commence, elle est rendue bulleuse par suite du dégagement de l'eau et de l'acide carbonique contenus dans les sels employés. Le sel de soude est-il remplacé par un mélange de sulfate de soude et de charbon, il y a production d'oxyde sulfureux, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. Dans tous les cas, il est nécessaire qu'il y ait dégagement de produits gazeux, qui produisent le brassage et la rendent plus homogène. C'est pour cette raison, que pour faire le cristal on se sert du minium : cet oxyde donne de l'oxygène, qui opère ce brassage et qui, en outre, brûle les matières organiques que la potasse ou le sable pourraient renfermer. L'acide arsénieux en poudre, qu'on ajoute en petite quantité à la composition de beaucoup de sortes de verres, agit de la même façon en se volatilisant. Il en est de même du nitre, qui fournit des produits gazeux, et en même temps un fondant alcalin pour le cristal, mais qu'on ne peut employer qu'en quantité minime, parce qu'il use rapidement les pots.

La matière argileuse qui constitue les creusets ne résiste pas, en effet, indéfiniment aux produits qu'elle reçoit. A la longue elle se vitrifie elle-même; elle se dissout dans le verre fondu. De là vient la petite quantité d'alumine et d'oxyde de fer qu'on trouve dans tous les verres. Les parois du creuset s'amincissent de plus en plus, jusqu'au moment où elles se fendillent, n'ayant plus une épaisseur suffisante pour résister à la pression intérieure que le verre fondu exerce sur elles. Le remplacement d'un pot hors de service par un pot neuf se fait en sortant le premier et en introduisant l'autre par l'ouverture de la grille, les barreaux de celle-ci étant momentanément enlevés. C'est une opération toujours difficile, qui entraîne une perte de matière et de temps. De là l'extrême importance que présente pour le verrier la bonne qualité de la poterie qu'il emploie.

Indépendamment des produits gazeux, tels que l'acide carbonique, l'acide sulfureux, la vapeur d'eau, l'oxygène, l'acide arsénieux, etc., il se produit des fumées blanches qui sont dues soit à la volatilisation des chlorures alcalins contenus dans les sels de potasse ou de soude, soit à celle de ces alcalins ; aussi la voûte d'un vieux four est-elle enduite à l'intérieur d'une épaisse couche vitrifiée. A mesure que la température se prolonge, la matière devient moins bulleuse ; elle s'éclaircit, elle s'affine ; elle est très-liquide. *Le fiel de verre*, qui est un

mélange de sulfate et de chlorure alcalins, monte à la surface de la matière fondue et est enlevé avec des outils en fer. Quand l'affinage paraît suffisamment avancé, on souffle quelques fioles, et on examine si le verre est exempt de coloration, de bulles, de bouillons, de stries, de grains de sable. Quand cette épreuve est satisfaisante, on laisse la température s'abaisser de manière à donner au verre la consistance pâteuse qui permet de le travailler. La fonte de l'affinage dure douze à vingt-quatre heures. On fait alors le travail. Chaque creuset vidé, on y introduit par l'ouvreau, et par fractions, la composition, et on recommence la fonte. Ainsi la fabrication est continue; elle ne s'arrête que quand le four lui-même est tellement détérioré qu'on est forcé de le reconstruire, ce qui arrive après une année ou deux de service.

DESCRIPTION DU FOUR A VITRE A LA HOUILLE

REPRÉSENTÉ FIG. 4 ET 5.

Pour compléter ce qui vient d'être dit sur les fours de fusion qui sont ordinairement employés, nous allons donner, en empruntant les fig. 4 et 5 à la *Chimie industrielle* de M. Payen, la description d'un four à vitre chauffé à la houille.

Ce four, comme on le remarque, est de forme circulaire; il peut contenir huit creusets f, disposés sur une banquette ménagée autour de l'ouverture centrale F, qui reçoit la grille f', sur laquelle, par les ouvertures g, on charge le combustible. Le cendrier G est en contre-bas du sol, et l'arrivée de l'air sous la grille, a lieu par un conduit souterrain.

Vis-à-vis chaque creuset, entre les pieds droits g', sur lesquels vient s'appuyer la voûte surbaissée du four, sont ménagés dans les parois les ouvreaux h, par lesquels on introduit les matières, et on cueille le verre.

Des chambres ou étuves G' sont accolées latéralement de chaque côté du four, de façon à se trouver en communication avec lui par les conduits h', qui permettent aux produits de la combustion effectuée sur le foyer de se répandre, après avoir produit leurs effets, dans ces étuves pour y être utilisés au chauffage préalable des matières vitrifiables qui, par ce moyen, peuvent être introduites, déjà à une assez haute température, dans les creusets de fusion.

Les ouvertures de chargements h^2 de ces étuves peuvent être fermées par des obturateurs qui permettent de régler le tirage. Deux galeries latérales H, dont les voûtes supportent les étuves, donnent accès aux portes g du foyer, afin d'en rendre le service possible.

Dans ce four à huit pots, on peut fondre et travailler en vingt-quatre heures, d'après M. Payen, 1500 à 1700 kilogrammes de matières pour verre à vitres, en brûlant 1800 kilogrammes d'une houille qui ne doit être, ni trop collante, ni sujette à décrépiter au feu.

Telles sont les dispositions des fours ordinairement employés; mais, le prix des combustibles, allant toujours en augmentant, on a dû cher-

cher, dans ces dernières années, des moyens pour parer, autant que possible, à cet inconvénient capital pour l'industrie verrière, dont la consommation est si considérable. Quelques inventeurs ont proposé, à cet effet, de modifier les dispositions intérieures des fours, dans le but de mieux utiliser la chaleur développée ou effectuer une combustion plus complète du combustible; d'autres ont cherché à utiliser des combustibles inférieurs, convertis préalablement en gaz, comme MM. Ebelmen, Thomas et Laurens, Renard, Cuvier, Goguel, Venini, Schmidt, Siemens, etc.; puis d'autres enfin, suivant le même ordre d'idées, ont utilisé les gaz des fours à coke, comme MM. Salmon et Venini.

Sans vouloir décrire tous les systèmes brevetés ou proposés pour perfectionner les fours ordinaires de verrerie, nous citerons pourtant quelques-unes des dispositions qui nous ont paru présenter le plus d'intérêt, nous contentant, pour les autres, de donner, à la fin de cet article, une liste par ordre chronologique des brevets pris en France pour ces appareils depuis le commencement de ce siècle :

Le brevet de M. Loup, du 28 décembre 1853 (1), basé sur le moyen de faire passer les matières fondues du four de fusion dans celui de travail, en interrompant la communication du feu de l'un dans l'autre, la température du premier étant trop élevée, et celle du second étant trop basse pour la fusion des matières;

Les brevets de M. Hutter, de 1854 et 1856, pour des fours de fusion à travail continu, dans lesquels les matières à fondre sont successivement soumises à l'action directe de la flamme et à la réverbération de la voûte; le foyer placé en dehors du four est sans grille et marche à l'air forcé ;

Le brevet de M. Brunfaut, du 20 février 1855 (2), dont le système se compose d'un fourneau recevant le calorique d'un foyer à réverbère sur l'un de ses côtés, disposé simultanément et d'un four à coke placé au même endroit que le foyer des fourneaux anciens. Ce système a pour but la réalisation de l'emploi de l'air atmosphérique échauffé par la combustion dans l'intérieur de l'appareil de tous les produits gazeux provenant tant du four à coke que du foyer à réverbère;

Le brevet de MM. Ch. Raabe et Ce, du 15 octobre 1858, pour un four à fosse renversée, c'est-à-dire que dans les fours de fusion ordinaire, la fosse est évasée, comme on sait, en partant des barreaux, tandis que celle de MM. Raabe est évasée en sens contraire. Cette forme diminue la grandeur du four, permet l'utilisation à couche épaisse du combustible, et par conséquent une combustion plus complète du gaz;

(1) Publié dans le tome xxxiv des *Brevets d'invention*, pris sous le régime de la loi de 1844.

(2) Publié dans le vol. xliv des *Brevets d'invention*, pris sous le régime de la loi de 1844.

Le brevet de MM. Riols de Fonglare et Cᵉ, du 31 juillet 1860, pour un système continu du traitement du verre, au moyen d'un four de travail alimenté continuellement par un four de fusion à petits pots.

Les résultats pratiques obtenus par ces divers systèmes ne nous étant pas connus, nous ne pouvons constater leur efficacité ; nous ferons remarquer seulement que tous ont pour but d'obtenir une meilleure utilisation du combustible, condition sans laquelle l'industrie verrière ne peut plus prospérer; ce dont tous les hommes spéciaux se préoccupent vivement, et en particulier M. Venini, dont nous allons faire connaître en détail le système.

DESCRIPTION DU FOUR A VITRES

CHAUFFÉ PAR LES GAZ DES FOURS A COKE.

Four. — Le four de fusion proprement dit dans le système de chauffage par le gaz, imaginé par M. Venini, peut varier dans ses dispositions, selon les différentes espèces de produits que l'on veut fabriquer. Ce qui est important, c'est qu'il soit de dimensions assez grandes pour contenir huit grands creusets.

Le four représenté en section verticale, fig. 1, en plan, fig. 2, et en coupe transversale, fig. 3, satisfait complétement au besoin du service des douze fours à coke disposés à l'étage inférieur. Il est de forme elliptique, et contient huit pots *f*, de 1 mètre de diamètre chacun, placés sur une banquette dont le milieu F, au lieu de recevoir une grille, comme dans le four ordinaire, est complétement libre pour former une sorte de bassin, qui est le foyer proprement dit, dans lequel s'opère la combustion des gaz mélangés avec l'air refoulé par une soufflerie, comme nous l'expliquerons plus loin.

Les parois en briques réfractaires du four sont garnies des ouvreaux *h*, correspondant au-dessus de chaque creuset, et deux ouvertures *h'* sont ménagées latéralement pour laisser un échappement au gaz dans les étuves G', de façon à utiliser complétement la chaleur, soit pour chauffer les matières vitrifiables servant à la fabrication des bouteilles noires, soit les feuilles de verre, les cylindres ou d'autres pièces, soit encore, dans les fours à vitres, à y réchauffer les creusets, en donnant aux chambres une hauteur de voûte convenable.

On remarque que le fond du foyer F est légèrement incliné vers le centre qui, à cet endroit, est muni d'une ouverture *i*, laquelle sert à livrer passage au verre, qui pourrait s'échapper par-dessus les creusets durant l'ébullition, ou lorsque l'un de ceux-ci vient à casser. On place naturellement près de cette ouverture un vase dans lequel s'écoule la matière en fusion.

L'arrivée des gaz combustibles par les deux tuyères *n*, placées vis-à-

vis l'une de l'autre, son mélange avec l'air chaud insufflé, et son inflammation dans la capacité F, s'effectuent par l'intermédiaire de divers appareils dont nous allons examiner les dispositions.

Chambre de dépot. — Les petites cheminées d' ménagées aux voûtes des fours à coke donnent issue, comme nous l'avons vu, aux gaz qui s'en échappent, et les laissent se répandre dans les conduits d^2, placés directement sur les voûtes de ces fours, de façon que ces conduits puissent conserver une température assez élevée, pour éviter que les goudrons se trouvent condensés; leur paroi ne peut donc être enduite que par les cendres entraînées par le courant des gaz, et dont il est facile de les débarrasser. Dans ce but, les cheminées, aussi bien que les conduits, sont simplement recouvertes par des plaques en terre réfractaire ou en fonte, aisément amovibles pour permettre leur nettoyage.

Les conduits d^2 débouchent dans les chambres I, de forme elliptique, construites en briques réfractaires, et consolidées par une armature en fer, afin que dans leur ensemble elles présentent une grande solidité, et ne souffrent pas des changements de température auxquels elles sont assujéties pendant le cours de l'opération.

Les gaz qui pénètrent continuellement dans ces chambres par les conduits d^2, entretenant une température très-élevée, évitent encore la condensation du goudron, tandis que les cendres et autres matières pesantes entraînées s'y précipitent, ne pouvant plus se soutenir, à cause de la diminution de vitesse. Dans ce but, ces chambres sont divisées par une cloison en briques i' (fig. 1) ouverte par en bas, laquelle, en rompant le passage direct, interrompt le courant et force le gaz à redescendre pour remonter ensuite, en abandonnant les matières en suspension qu'il entraînait. Ces matières tombent alors au fond des chambres et sont enlevées au moyen d'ouvertures j ménagées à cet effet.

Purgeurs-laveurs. — Le plafond des chambres I est formé de plaques en terre demi-réfractaire, bien cuites et d'une épaisseur relativement faible. Une ouverture est pratiquée dans ce plafond pour recevoir le tube recourbé en siphon I', destiné à établir une communication directe entre chaque chambre et son purgeur correspondant J.

Ces purgeurs ne sont autres que des vases de forme cylindrique composés de feuilles de tôle solidement jointes; leur fond et leur couvercle sont en fonte; le premier est fixe et le second peut être soulevé au besoin. Ce dernier, percé pour recevoir le tube I', est muni d'une sorte d'entonnoir renversé j' (fig. 3) qui en forme le prolongement, et dont la partie évasée se termine par une couronne cylindrique, qui plonge dans le liquide que doit contenir le purgeur. Ce liquide est amené par un tube k en communication avec un réservoir K (fig. 3), et terminé par une pomme d'arrosoir qui déverse l'eau en pluie dans le tube.

Les gaz dépouillés, comme nous l'avons vu, dans les chambres I des cendres et autres matières pesantes qu'ils entraînaient, passent donc par

les siphons l′ dans les purgeoirs en traversant la pluie d'eau projetée par l'arrosoir, et qui, les divisant et les refroidissant, leur fait abandonner les goudrons. Ceux-ci tombent au fond du vase et s'écoulent par une ouverture inférieure réglée par un robinet qui, par les tubes *k′*, les laisse descendre dans un réservoir ou citerne K′ (fig. 2), disposé à cet effet. Les gaz ainsi purgés s'élèvent en barbotant dans l'eau, dont le niveau est constamment entretenu un peu au-dessus des tubes *k′*, et se rendent dans les vases cylindriques L par les tuyaux courbes *l*, qui font communiquer les couvercles des purgeoirs avec la partie supérieure desdits vases L. Ceux-ci sont en tôle et leurs fonds plats reposent sur les plafonds en terre demi-réfractaire des chambres I, dont la température est maintenue très-élevée par le courant continu des gaz venant des fours à coke, de sorte qu'une grande partie de la chaleur de ces chambres se trouve transmise aux vases L, qui, à leur tour, la transmettent aux gaz sortant des purgeurs.

L'intérieur de ces vases est divisé par une cloison en tôle *l′* (fig. 3), ouverte à la partie inférieure de façon à obliger les gaz à raser le sol pour pénétrer dans le second compartiment, et s'échapper de là par les tuyaux L′. Ce mouvement des gaz leur permet de déposer au fond des vases les matières en suspension qui auraient échappé à l'action des purgeurs, et que l'on extrait au moyen de tubes l^2 (fig. 2) qui les déversent dans les citernes K′.

Les tuyaux d'échappement L′, pour les deux vases accolés de chaque côté du four de fusion, se réunissent au moyen d'un raccord à trois branches en un seul *m*, qui amène les gaz à la tuyère correspondante engagée sous le massif du four, et cela avec une vitesse assez considérable, par suite de l'élévation de température qu'ils viennent de subir pendant leur passage dans les vases L. Aux tuyaux *m* sont appliqués de petits tubes *m′* (fig. 3), qui descendent verticalement dans des récipients M, destinés à recevoir les produits condensés qui peuvent s'être formés dans les tuyaux depuis la sortie des gaz des vases cylindriques.

Tuyères. — Les deux tuyères *n* dans lesquelles arrivent les gaz, sont munies intérieurement de tubes qui les dirigent au centre du foyer ou chambre de combustion F (fig. 1) du four. Les tubes des tuyères, entourés par l'enveloppe, laissent entre eux des espaces libres par lesquels arrive de l'air forcé introduit par le tuyau *n′* qui communique avec les tubes *o*, alimentés par une machine soufflante.

Cet air, avant de s'échapper par la bouche des tuyères pour se mélanger avec les gaz, doit être, comme ceux-ci, à une température élevée; à cet effet, des capacités N, dans lesquelles passent en se contournant les tuyaux conducteurs *o*, sont disposées au-dessus des étuves G′ de façon à être chauffées par celles-ci.

Pour faciliter l'étude, nous avons indiqué sur la fig. 2, par des flèches en lignes ponctuées, le parcours de l'air, et par des flèches ordinaires en

traits pleins, celui des gaz. Des registres et clapets sont appliqués, tant sur les conduites de gaz que sur les conduites d'air, afin de permettre de régler à volonté dans les proportions convenables l'arrivée de ces deux agents dans la chaufferie du four.

MISE EN TRAIN, CONDUITE ET MARCHE DE L'OPÉRATION D'UN FOUR A VITRES CHAUFFÉ PAR LES GAZ DES FOURS A COKE.

Lorsque tout est disposé pour commencer l'opération, les fours à coke sont mis en train comme à l'ordinaire pendant trois ou quatre jours, pendant lesquels le four à vitres se trouve chauffé à une température suffisamment élevée pour que ses parois se solidifient. Ce chauffage préalable s'effectue au moyen d'une grille adaptée provisoirement aux bouches par où doivent entrer les gaz.

Lorsque l'on reconnaît que les chambres I sont suffisamment échauffées et que les tuyères d'insufflation et de projection du gaz sont substituées à la grille provisoire, on ferme les cheminées de ceux d'entre les fours à coke qui sont en condition de fournir des produits combustibles appropriés, en appliquant sur ces cheminées une petite plaque en terre demi-réfractaire. On établit ainsi, par les conduits d' et d^2 entre les fours à coke et le four à vitres, un courant régulier de gaz inflammable.

Le tout ainsi disposé, les gaz produits par quatre des fours à coke sont dirigés simultanément par les tuyaux *m* à l'intérieur des tuyères *n*, pour se mélanger, à la sortie des tubes que renferment les tuyères, avec l'air injecté par la machine soufflante, lequel est chauffé, comme nous l'avons dit, avant sa sortie dans les chambres N. Ainsi mélangés, les gaz s'enflamment et produisent à l'intérieur du four à vitres la haute température nécessaire à la liquéfaction des matières vitrifiables.

Ce résultat est obtenu dès la *mise en train*, c'est-à-dire lorsqu'on commence à utiliser les gaz des premiers fours à coke en état de les fournir dans les conditions nécessaires; mais une fois que la carbonisation est avancée dans ces mêmes fours, les produits combustibles qu'ils laissent échapper deviennent insuffisants, brûlant d'ailleurs au fur et à mesure de leur dégagement, alimentés qu'ils sont par les petites rentrées d'air qui ont toujours lieu par les ouvertures de chargement et les portes qui permettent de défourner.

Pendant ce temps d'autres fours à coke, chargés successivement, sont arrivés à l'état dans lequel les premiers se trouvaient lorsque leurs gaz ont été utilisés; on interrompt alors la communication des cheminées de la première série des fours avec les tuyères et, au contraire, on fait communiquer avec elles la seconde série, de telle sorte que celle-ci puisse continuer l'opération sans interruption, en envoyant à la combustion la même quantité de gaz.

Ce qui vient d'être dit de la manière de diriger les gaz d'une pre-

mière et d'une seconde série de quatre fours, doit naturellement s'appliquer à tous les autres fours lorsqu'ils se trouvent dans les conditions requises pour la production, en admettant toujours que deux fours à coke au moins, de chaque côté du four à vitres, peuvent agir simultanément pour satisfaire à l'alimentation de ce dernier.

Pendant que les petites cheminées *d'* des fours à coke restent ouvertes, elles laissent échapper des gaz plus ou moins mélangés à des vapeurs d'eau, selon que la carbonisation est plus ou moins avancée. Comme il est nécessaire que les ouvriers employés, tant à la fabrication du coke qu'à celle du verre, n'aient pas à souffrir de ces émanations, au-dessus des cheminées de dégagement sont disposées de petites hottes *p* (fig. 3), communiquant par un gros tuyau avec une grande cheminée P qui les emporte au dehors de l'établissement.

On pourrait craindre que les conduits *d'* et *d''*, qui prennent les gaz immédiatement à la sortie des fours, se détériorent rapidement par suite de la haute température à laquelle ils sont soumis, mais des expériences faites par M. Venini lui ont démontré que, construits en terre demi-réfractaire, ils peuvent résister parfaitement, même dans le cas d'une inflammation de gaz causée par quelques infiltrations d'air, et de plus, que les matières entraînées par ces gaz n'adhèrent que légèrement à leur paroi, de telle sorte que leur encombrement est impossible. Du reste, pour obvier à toute éventualité de cette nature, ces conduits sont doubles pour chaque rangée de fours à coke, ce qui assure la continuité de la marche du four à vitres contre tout accident. Ils ne sont pas non plus à craindre dans les chambres I qui sont munies, à cet effet, de deux petites portes *j'* à chaque extrémité, afin d'en faciliter le nettoyage et les réparations.

Les divers tuyaux en tôle établissant les communications sont disposés, du reste, de telle sorte que toutes les pièces dont ils sont composés puissent se démonter avec une grande facilité, soit pour être nettoyés, soit pour permettre au besoin de les changer.

Comme on a dû le remarquer, il résulte de l'installation des fours à coke pour chauffage des fours de verrerie, que les ouvriers attachés au service des premiers fours font le travail des *attiseurs* des anciens fours à vitres, et que par conséquent ils doivent essentiellement dépendre du directeur de la verrerie, lequel doit à son tour entendre parfaitement la conduite des fours à coke, afin de pouvoir diriger simultanément et dans les meilleures conditions possibles les deux industries ainsi associées. Si quelques doutes pouvaient surgir sur la *qualité du coke* provenant des fours dont les gaz sont ainsi utilisés, il suffira, pour les détruire, de considérer que dans ces procédés les gaz ne sont pas *aspirés violemment,* mais au contraire *recueillis* au fur et à mesure qu'ils se forment et qu'ils acquièrent les conditions nécessaires à leur inflammation, et que c'est à la seule force motrice du courant, c'est-à-dire à celle qu'ont les gaz aériformes échauffés de s'élever, que le gaz est extrait des fours de carbonisation.

LISTE DES BREVETS PRIS EN FRANCE

POUR LA FABRICATION DU VERRE ET LE CHAUFFAGE DES FOURS, DE 1791 A 1863.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
MALHERBE........	Nouveaux fours à étendre les manchons de verre à vitres et à sécher les billettes ou bûches pour chauffer le fourneau de fusion..............	8 novembre 1801.
HUTTER..........	Four mécanique à rotation, propre à l'étendage du verre à vitres...........................	23 mars 1827.
DONZEL..........	Application du fourneau à réverbère au traitement des matières vitrifiables et au travail du verre, sans poterie mobile.................	12 juin 1829.
CLÉMANDOT et NAÈS.	Procédé de fusion destiné à améliorer et à faciliter la fabrication du cristal et du verre, en produisant une action plus uniforme de la chaleur.	4 juin 1840.
JONET............	Four à étendre le verre à vitres..............	4 juin 1840.
ANCHIAUX.........	Système de four à vitres	20 août 1841.
CHAMBLANT........	Four de verrerie............................	9 novembre 1842.
WAGRET et Cᵉ....	Système de fours à étendre le verre..........	19 janvier 1843.
MORLOT...........	Système de four et de creusets de verrerie combinés, dit *travail continu*...................	10 octobre 1844.
DUTHY............	Four propre à étendre le verre à vitres sans l'emploi de lagres............................	15 octobre 1844.
HAWKER-BEDFORD..	Perfectionnements dans la fabrication des verres à vitres et autres verres de cristal......	20 mars 1846.
HUTTER..	Four de verrerie dit *four à cornues*..........	2 octobre 1846.
DES BRULAIS et Cᵉ.	Appareil aéro-hydrique destiné à réaliser l'union des fours à coke avec les fours à cuire les kaolins, les argiles, les terres et les calcaires, en faisant du coke...................	9 janvier 1847.
RENARD	Emploi du gaz provenant de tous combustibles, pour opérer la fusion et la cuisson des verres, cristaux, porcelaines, faïences, grès, etc.....	1ᵉʳ mars 1847.
MORLOT..........	Four et creuset de verrerie produisant un soufflage et une fonte continue................	6 avril 1847.
ARSON............	Genre de four de verrerie.....................	3 décembre 1847.
LANOIR...........	Perfect. dans les fours à étendre le verre....	21 février 1848.
GODARD..........	Groupe de fours à fusion et travail simultanés.	10 juin 1848.
BESSEMER.........	Perfectionnements dans la fabrication du verre.	4 octobre 1848.
DONZEL...	Verrerie économique..........................	20 août 1849.
SEGARD...........	Système d'étenderie à pont mouvant pour le verre à vitres.............................	28 janvier 1850.
LANOIR...........	Système de construction de fours de verrerie..	22 juillet 1850.
MERLE...........	Perfectionnements dans la fabrication du verre et dans les appareils qui s'y rapportent.....	9 septembre 1850.
PETTITT...........	Fours propres à fondre et à recuire le verre....	11 décembre 1850.
CHEVANDIER.......	*Emploi des combustibles à flammes combinées*, applicable spécialement aux fours de fusion et autres.................................	29 mars 1851.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
JALABERT.........	Système de four à étendre le verre à vitres par le chauffage direct de la houille.............	22 novembre 1851.
HOUTARD-TISON....	Perfectionnement dans la fabrication du verre..	19 janvier 1852.
LOCHHEAD et Cᵉ ..	Perfectionnement dans la fabrication du verre et autres substances vitrifiées.................	29 octobre 1852.
GRANBUT.........	Système économique de fourneau pour verrerie.	27 janvier 1853.
CUVIER............	Appareil dit *hyper-gazo-pyrogène* propre à la production des gaz combustibles	26 décembre 1853.
LOUP.............	Fours de verrerie à fusion et à travail continus, dit *source de cristal*.......................	28 décembre 1853.
BESSEMER.........	Perfect. dans la fabrication des verres à vitres..	9 mars 1854.
LACAMBRE........	Procédés de fabrication de glaces et cristaux...	14 mars 1854.
HUTTER...........	Système de four à fusion et à travail continus applicable à la fabrication de verre à vitres, bouteilles, gobeletterie, etc................	18 septembre 1854.
MERLE............	Perfect. apportés dans la fabrication du verre.	25 septembre 1854.
SALMON...........	Moyen de fabrication du verre à bouteille.....	6 février 1855.
SCHMIDT..........	Disposition de four de fusion du verre.........	6 février 1855.
BRUNFAUT.........	Système de fourneau de fusion des matières propres à la fabrication du verre............	20 février 1855.
BRUNFAUT.........	Système de four de verrerie....................	20 février 1855.
QUINET...........	Four de verrerie à sole chauffée..............	21 février 1855.
DAUBRESSE........	Four de fusion pour la fabrication du verre....	4 août 1855.
HUTTER	Fours de verrerie se combinant avec un système de fusion continue......................	10 septembre 1856.
NANT.......... ...	Emploi des gaz des hauts-fourneaux ou autres foyers au chauffage des fours à verrerie, et emploi des laitiers à la fabrication du verre.	29 décembre 1856.
LOUP.............	Fabrication du verre à vitres sans fin, filé plat.	28 juillet 1856.
VENINI............	Four de verrerie chauffé au gaz..............	18 janvier 1857.
DUHAMEL..........	Four à siége tonnelle, économisant le combustible, pour la fusion de toute sorte de verres.	11 février 1857.
BOUDET et GILLES.	Four économique de verrerie et autres matières.	20 février 1857.
CUVIER...........	Appareils pour la consommation des gaz combustibles....................................	16 mars 1857.
CONON............	Perfectionnements aux fours de verrerie......	30 mars 1857.
RAAB.......... ...	Système de four à étendre le verre à vitres...	20 avril 1857.
MORLOT..........	Perfect. aux fours et au travail de verrerie....	5 juin 1857.
CUVIER et GOGUEL.	Emploi des gaz de houille à la fabrication du verre, des cristaux et des glaces, au moyen de gazogènes particuliers.....................	16 juin 1857.
MEYER et Cᵉ.....	Mode de chauffage, au moyen de plaques mobiles, des fours à verre alimentés par le charbon de terre..............................	9 novembre 1857.
SIEMENS..........	Dispositions de fours et fourneaux propres aux opérations métallurgiques et autres.........	10 novembre 1857.
LESPINASSE..	Procédé de fusion du verre par l'utilisation parfaite du combustible......................	10 novembre 1857.
HUTTER..........	Perfect. aux fours d'étendage des verres à vitres.	13 janvier 1858.
BAPTISTE.........	Fours de verrerie et foyers rendus fumivores par l'application de l'air chaud.............	27 avril 1858.
RENARD père et fils.	Four de verrerie à double appel	19 mai 1858.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
Raab et Ce	Perfect. apportés aux fours de verrerie	25 octobre 1858.
Henroz	Perfectionnements aux fours de verrerie	15 décembre 1858.
Schinz	Système de four destiné à fondre le verre	7 juin 1859.
De Keraniou et Ce.	Fabrication continue de toute espèce de verre.	6 octobre 1859.
Schmitte	Four aérotherme pour recuire toutes verreries et produits céramiques quelconques	11 octobre 1859.
Verzier	Perfectionnements apportés au chauffage des fours à fondre le verre	24 mars 1860.
Michallet et Ce.	Four de verrerie à fabrication continue	7 mai 1860.
Gobbe et Devillez.	Fours de verrerie à fusion et à refroidir	28 mai 1860.
Selle	Procédé destiné à activer la fusion du verre	21 mai 1860.
Revillon	Disposition de four à fabriquer le verre	20 juin 1860.
Riols de Fonclare.	Système de fours de verrerie à travail continu.	31 juillet 1860.
Siemens	Perf. dans la disposition et le chauffage des fours.	14 mars 1861.
Schinz	Fours à fondre le verre	27 juin 1861.
Léonard et Ce	Système de four à fusion à grilles mobiles pour la fabrication du verre	23 octobre 1861.
Bane et Pasteur	Procédé destiné à accélérer la fusion des matières employées pour la fabrication des verres.	18 novembre 1861.
Cash	Fours de verrerie à dix et douze pots, pour la fabrication des bouteilles en verre noir	9 avril 1862.
Maumené	Appareils et moyens de fabrication du verre et du cristal	26 août 1862.
Venini	Système de chauffage des fours à vitres par les gaz des fours à coke	18 octobre 1862.
Houtart	Four à pots pour verrerie à bouteilles et à vitres.	18 novembre 1862.
Easton et Donkin	Fours à recuire et appareils employés pour recuire le verre	27 décembre 1862.
Brasseur	Four de fusion pour four à vitres	14 février 1863.
Lemaire	Système de four de fusion	23 février 1863.
Robaye et Ce	Transformation préalable des matières premières en usage dans la fabrication des verres	20 juin 1863.
Imbert	Perf. dans le chauffage des fours de verrerie	28 juillet 1863.

POMPE A EAU POUR ÉPUISEMENT

MUE PAR UN MOTEUR A VAPEUR

A ACTION DIRECTE

Par MM. LE BRUN et LEVÊQUE, ingénieurs-constructeurs à Creil

(PLANCHE 15)

Dans le vol. XII de ce Recueil, nous avons consacré deux articles à l'étude de pompes élévatoires verticales et horizontales actionnées par moteurs à vapeur. Nous avons également donné, dans ce même volume, une disposition de quatre pompes accouplées, mues par une turbine hydraulique, et dans le vol. XIV, l'installation des pompes élévatoires de Marly, dont les moteurs sont de grandes roues verticales à palettes (1). Ces diverses installations, que l'on peut regarder comme des modèles à suivre dans les cas spéciaux pour lesquels elles ont été choisies, sont destinées à l'élévation des eaux pour un service régulier et permanent; mais, dans bien d'autres cas, le service n'a besoin que d'être temporaire: par exemple pour les épuisements nécessaires dans la plupart des travaux hydrauliques de fondation. Il faut alors avoir recours à des pompes aisément transportables, d'une installation facile et qui n'exige pas de fondation.

Quand le volume d'eau à élever n'est pas très-considérable, et qu'il ne doit avoir lieu qu'à une faible hauteur, on fait usage de divers appareils faciles à installer, tels que roues à tympan, comme celle que nous avons donnée dans le tome VI, vis d'Archimède, chaînes à godets, pompes à bras, etc.; mais aussitôt que l'on veut effectuer des épuisements dans un temps relativement court, et que l'on est en présence de grandes quantités d'eau, il faut recourir à des pompes puissantes mues par un moteur à vapeur. Le plus ordinairement ces pompes d'épuisement sont actionnées par une locomobile à vapeur, mais la transmission de mouvement est quelquefois difficile à établir, et, en tous cas, exige un emplacement assez considérable.

(1) Dans le *Génie industriel*, vol. XXI, nous avons aussi donné le dessin d'une machine à élever l'eau établie à Champlitte, par M. Lombart, et composée de deux pompes verticales à plongeur, commandées par une turbine horizontale.

MM. Le Brun et Levêque, pour parer autant que possible à ces inconvénients, ont disposé une pompe actionnée directement par un moteur à vapeur, et les deux cylindres sont reliés par un bâti boulonné simplement sur des pièces de charpente qui peuvent également recevoir le générateur de vapeur, de telle sorte que le tout occupe une place aussi restreinte que possible. Cette disposition, employée depuis longtemps déjà pour les appareils d'alimentation des machines à vapeur, dits *petit cheval*, a rendu et rend encore de bons services. Nous avons donné le dessin d'une bonne machine de ce genre, due aux mêmes constructeurs, dans le tome XXI du *Génie industriel* (1).

Ce qui distingue donc plus spécialement la pompe construite par MM. Le Brun et Levêque et qui la rend tout spécialement propre aux épuisements, ce sont les dispositions intérieures qui permettent son nettoyage facile, sans démontage, de façon à pouvoir en extraire le sable ou autres matières solides en suspension dans l'eau et que l'aspiration entraîne dans le corps de pompe. De plus, celui-ci est à enveloppe et à fourreau, mobile au besoin, de sorte que l'on peut, quand son usure l'exige, le changer sans remplacer le cylindre formant l'enveloppe de la pompe. Ce système, appliqué dès 1827 par M. Cordier aux machines d'élévation d'eau de la ville de Béziers, et en 1831 à celles de Chaumont, l'a été aussi aux machines de Niort en 1857, ainsi que nous l'avons fait connaître dans le vol. XII. Toutes ces applications, comme on a pu le reconnaître, ont permis de constater l'utilité d'une telle disposition et l'économie qu'elle procure.

Les dispositions d'ensemble, comme aussi les détails de construction de la pompe d'épuisement dont nous venons d'indiquer sommairement les caractères distinctifs seront faciles à comprendre à l'examen de la pl. 15, dont nous allons donner une description détaillée.

La fig. 1 représente cette pompe toute montée, en plan horizontal, suivant une section faite par l'axe du cylindre à vapeur et du corps de pompe;

La fig. 2 en est une élévation longitudinale, le cylindre seul de la pompe est coupé.

Les fig. 3 et 4 sont deux sections transversales : la première faite suivant la ligne brisée 1, 2, 3, 4, 5, et la seconde, suivant la ligne 6, 7, perpendiculairement à l'axe du cylindre à vapeur.

La fig. 5 est un détail du bâti et du palier de l'arbre d'accouplement.

Du moteur. — La machine motrice est de la plus grande simplicité; elle se compose du cylindre A, fondu avec ses canaux d'arrivée de vapeur a et a' et d'échappement a^2, et aussi avec des patins à oreilles A',

(1) Dans le vol. XXII du même Recueil, se trouve aussi une machine d'épuisement d'un système analogue, construite à l'usine du Grand-Hornu (Belgique), sous la direction de M. Weinberger, alors ingénieur de la compagnie.

qui, traversés par les boulons *b*, servent à la fixer sur les charpentes B.

Les patins A′ sont venus de fonte avec des renflements destinés à recevoir les petites pompes *p* et *p′*, l'une pour amener l'eau dans un appareil réchauffeur qui reçoit la vapeur d'échappement du cylindre, l'autre pour puiser cette eau et la refouler dans le générateur.

Ces pompes sont, à cet effet, garnies de leurs soupapes d'aspiration et de refoulement renfermées dans les boîtes *c*, *c′*, et de leurs pistons *d* et *d′*, disposés sur le prolongement l'un de l'autre, comme l'indique la fig. 1.

Cette disposition a permis de les commander par un seul excentrique C, calé sur l'arbre de transmission D. Mais aussi il a fallu donner au piston *d′* de la pompe *p′* un diamètre plus grand, afin que sa surface soit à peu près la même que celle du piston de la pompe *p*, puisque celui-ci doit traverser la boîte à étoupe *e* et pénétrer, par conséquent, dans le corps de la pompe *p′* dont il diminue d'autant la capacité.

Le tiroir de distribution *t* de la vapeur dans le cylindre est commandé par l'excentrique circulaire C′, claveté sur l'arbre D, et relié à sa tige *f* par le tirant en fer E. Un guide alésé *f′* (fig. 1) reçoit la tête tournée de cette tige, laquelle opère sa réunion avec le tirant d'excentrique.

La vapeur est amenée par le tuyau F′ dans la boîte F, dont l'entrée est interceptée à volonté par une soupape conique que l'on manœuvre à l'aide du volant à main *v*.

L'arbre de transmission D tourne dans des coussinets en bronze munis de joues *g* (fig. 5), qui sont ajustés dans les bâtis verticaux en fonte G. Ceux-ci, montés latéralement sur les charpentes B, y sont solidement fixés par huit forts boulons à écrous *g′*. Ces bâtis, qui servent à relier le cylindre à vapeur avec la pompe, sont en deux pièces superposées pour permettre le montage de l'arbre. Une disposition de coin *h* (fig. 5), que l'on peut manœuvrer à l'aide d'un écrou et d'une tige filetée *h′* qui y est adaptée, permet le serrage des coussinets quand, par suite d'usure, ils prennent du jeu.

Aux deux extrémités de cet arbre, en dehors des bâtis, sont montés et clavetés les deux volants-poulies V et V′ (1), et son milieu coudé formant manivelle est garni d'un coussinet en bronze, en deux pièces *i*, qui peut glisser à frottement doux entre les faces dressées des deux guides à T, I et I′ rendus solidaires par les boulons entretoisés *i′*, de façon à former un cadre reliant les deux tiges J et J′ des pistons P et P′. Pour supporter ce cadre et le guider dans son mouvement rectiligne de va-et-vient, sa partie inférieure repose sur une plaque dressée K, fondue avec deux joues latérale. Cette plaque est boulonnée sur les poutrelles B′ servant d'assise à la machine.

(1) Dans ce genre de machine, pour assurer la régularité de la marche, il est bon de faire les volants un peu lourds : il serait donc préférable, non pas de suivre les dimensions indiquées sur le dessin, mais bien celles que donnent les cotes.

De la pompe. — Le corps de pompe proprement dit L est une pièce de fonte d'un modèle assez compliqué, qui présente intérieurement, vers le milieu de sa longueur, une surface annulaire alésée destinée à recevoir le fourreau M, dans lequel se meut le piston P'. Ce fourreau y est fixé au moyen de boulons et d'une bride *m* avec laquelle il est fondu.

Avec le corps de pompe L est venu de fonte l'un des fonds qui reçoit la presse-étoupe *l*, livrant passage à la tige J' du piston, et aussi avec un canal de nettoyage L' et quatre tubulures à brides de forme rectangulaire L^2 et L^3. Aux brides des deux tubulures L^2 sont boulonnés les conduits N qui, pénétrant à l'intérieur, présentent des faces inclinées sur lesquelles reposent les clapets d'aspiration *n*, qui y sont montés à charnière, pour s'ouvrir du dehors en dedans du cylindre, sous l'aspiration du piston.

De l'autre côté de ce cylindre, sur les mêmes brides, sont boulonnés les conduits N', dans lesquels se trouvent les soupapes d'échappement *n'*, s'ouvrant alors du dedans au dehors, et dont le siége est formé par la surface inclinée de la tubulure même, prolongée à cet effet.

Les deux conduits N sont mis en communication avec un vase R, au moyen de deux tubulures avec lesquelles il est fondu, et qui y sont reliées par des boulons *r*, montés à charnières, lesquels traversent des oreilles destinées à les recevoir, afin de permettre un démontage facile et rapide pour la visite ou la réparation des clapets.

Une disposition identique est appliquée dans le même but pour relier les deux conduits N' par le vase R', au moyen des boulons *r'*. Celui-ci reçoit le tuyau d'échappement S', et le premier R le tuyau d'arrivée S; tous les deux sont fermés en dessus par un couvercle r^2, maintenu comme les brides des tubulures et des tuyaux par des boulons *s* et *s'*, montés à charnière de façon à faciliter le montage et le démontage.

Ce genre de fermeture mobile sur les vases à air R et R' a pour but de permettre, suivant que les besoins du service l'exigent, de placer à volonté les brides des tuyaux d'aspiration et de refoulement, soit par côté, soit en dessus; dans ce dernier cas, les couvercles r^2 sont appliqués sur les ouvertures latérales laissées libres par les tuyaux.

Pour effectuer le nettoyage de cette pompe et retirer le sable, vase ou autre matière solide que l'aspiration peut y amener, il y a, pour l'un des côtés du piston, le canal incliné L' fermé par le bouchon autoclave *u*, et, pour le côté opposé, la tubulure *u'* ménagée au bas du fond M', laquelle est également fermée par un bouchon autoclave.

Le cylindre-enveloppe de la pompe est pourvu, vers ses deux extrémités, correspondant aux deux côtés du piston, de soupapes à reniflard *S* et *S'* pour l'échappement de l'air.

TRAVAIL ET PRODUIT DE LA POMPE.

Quoique cette pompe ait été déjà utilisée à divers travaux d'épuisement dans lesquels elle a rendu de bons services, le temps et les occasions ont manqué aux constructeurs pour faire des expériences comparatives qui auraient permis de constater avec exactitude son rendement ou son effet utile, relativement à la puissance développée par son moteur; mais les éléments que nous possédons sur des machines du même genre, tant de fois expérimentées, peuvent nous permettre d'apprécier assez sûrement le travail que celle-ci peut exécuter d'après ses principales dimensions et celles de son moteur. Ces dimensions sont les suivantes :

MOTEUR.

Diamètre du cylindre à vapeur.....	0m260
Surface du piston............	0m.q. 0531
Course dudit...............	0m600
Vitesse de l'arbre moteur par 1'.....	30 tours.
Vitesse linéaire du piston par 1''....	0m700
Pression moyenne dans la chaudière..	5 atmosph.

POMPE.

Diamètre du piston...........	0m400
Course »	0m600
Surface »	0m.q. 1256
Volume par coup simple........	0m.c. 075,36
Volume par coup double en tenant compte du diamètre de la tige, 0m 090....	0m.c. 144,41
Volume par seconde	0m.c. 072,20
Volume par minute...........	4m.c. 332,30
Volume par heure	259m.c. 938

Les dimensions du moteur et celles de la pompe ont été calculées pour n'élever l'eau qu'à une faible hauteur, à 5 à 6 mètres, comme cela suffit le plus ordinairement dans les travaux d'épuisement.

La puissance théorique du moteur, à la vitesse de 30 révolutions par minute, et en ne comptant qu'une pression de 4 atmosphères effectives dans le cylindre, peut se calculer de la manière suivante :

La surface du piston étant de 0m.q. 0531, le volume par coup simple de vapeur dépensée, est de :

$$0{,}0531 \times 0{,}60 = 0^{m.c.}\ 0{,}31816.$$

Un mètre cube de vapeur, employé sans détente, développant 10333

kilogrammètres par chaque atmosphère (1), on a sur le piston, pour 4 atmosphères effectives, un travail théorique de :

$$0{,}03186 \times 10333 \times 4 = 1316{,}84 \text{ kilogrammètres;}$$

soit, en chevaux de 75 kilogrammètres :

$$\frac{1316{,}84}{75} = 17{,}56 \text{ chevaux-vapeur.}$$

Mais comme la puissance effective n'est évaluée en pratique qu'à environ la moitié de la force théorique, il ne faut compter pour l'arbre des volants que sur 8 à 9 chevaux environ, ou 650 kilogrammètres.

Or, nous avons vu que le volume engendré par le piston de la pompe à eau est de $72^{\text{lit.}}20$ par coup simple et par seconde ; mais en général on ne doit compter que sur les $0^{\text{m}},90$ à $0^{\text{m}},92$ du volume engendré. Par suite, la quantité d'eau qu'elle peut élever ne doit plus être que de 66 litres ou 66 kilogrammes en une seconde ; il faudra donc, pour amener cette eau à 5 mètres de hauteur, une puissance de :

$$66^{\text{k}} \times 5^{\text{m}} = 310 \text{ kilogrammètres, ou } 4^{\text{ch.}}13,$$

abstraction faite des frottements et des forces vives, pour lesquels il faut ajouter un tiers à un quart de cette force.

On voit en définitive que cette pompe peut largement satisfaire au service pour lequel elle a été établie et qu'elle pourrait même, au besoin, élever un volume d'eau de 225 à 230 mètres cubes par heure, à une hauteur de 7 à 8 mètres et plus, si on montait la pression de la vapeur dans la chaudière à 6 atmosphères.

Cette pompe est appliquée en ce moment à effectuer des épuisements assez considérables au port Saint-Ouen, où elle élève l'eau de 0 mètre à 5 mètres, à raison de 4 centimes par mètre cube. En portant son produit journalier de 24 heures, on a :

$$230 \times 24 = 5520 \text{ mètres cubes,}$$

on aurait une somme de :

$$5520 \times 0^{\text{f}}04 = 210^{\text{f}}10.$$

Pour obtenir ce résultat, la consommation de combustible peut être de 1000 à 1200 kilogrammes au maximum, et la dépense ne doit pas s'élever, avec les autres frais d'entretien, à plus de 90 à 100 fr., ce qui laisse encore, comme on voit, pour le service, l'installation et l'intérêt du capital engagé pour l'achat de la machine et de son générateur, une marge de bénéfice assez large.

(1) Voir à ce sujet le 1er vol. de notre *Traité théorique et pratique des Moteurs à vapeur*.

CONSERVATION DES BOIS

ÉTUVES DE DESSICCATION

ET

APPAREIL POUR L'INJECTION DES BOIS

PAR MM. DORSETT ET BLYTHE

MANUFACTURIERS A BORDEAUX

(PLANCHES 16 ET 17)

Comme les statistiques administratives le démontrent, la production des bois, par suite du déboisement des forêts, a diminué considérablement dans ce dernier siècle, tant en France qu'en Angleterre et dans les principaux États de l'Europe, tandis qu'au contraire la consommation, principalement pour les usages industriels, chemins de fer, marine, constructions, etc., a augmenté très-sensiblement. Il est résulté de cet état de chose ce qui se produit toujours en pareil cas, une élévation de prix considérable de cette matière première; on a alors cherché, pour parer autant que faire se pouvait à cet inconvénient, des procédés destinés à donner au bois une plus longue durée, comme aussi à rendre certaines essences, considérées comme inférieures, susceptibles de remplacer avec économie les bois de chêne et autres exclusivement adoptés jusque-là. Des chimistes, des ingénieurs et des industriels distingués ont alors entrepris, chacun de leur côté, de résoudre cet intéressant problème, mais ce n'est que depuis quelques années que les procédés de conservation des bois sont entrés réellement dans le domaine de la pratique.

Les procédés proposés étaient de plusieurs sortes : les uns consistaient simplement dans l'application d'un vernis ou enduit préservateur à la surface des bois; les autres dans l'immersion plus ou moins prolongée des bois dans des liquides antiseptiques, ou par leur dessication au moyen de la vapeur ou de l'air chaud, ou enfin par leur pénétration à l'aide de la pression physique ou mécanique.

Parmi ces divers procédés le dernier est le seul qui demeure acquis à la pratique. Aussi ne nous occuperons-nous que de celui-là, ayant déjà

traité cette intéressante question, sous le point de vue de la question historique, dans le *Génie industriel.* Nous rappellerons, pour ne plus y revenir, que nous avons donné dans le tome Ier de cette Revue, avec des considérations générales, une notice historique sur la coloration et la préservation des bois, la description des procédés Bréant et Boucherie; dans les tomes XIII, XVI et XVIII, les appareils de MM. Meyer d'Huslar et de MM. Légé et Fleury-Piromet. Tout récemment, dans le numéro de février 1863 de ce même journal, nous avons reproduit une notice de M. W. Manès, ingénieur de grand mérite, qui a paru dans l'un des bulletins de la Société philomatique de Bordeaux, dont nous avons l'honneur d'être membre.

Cette intéressante notice vient d'être complétée par M. Manès, qui a bien voulu nous l'offrir et nous autoriser à la donner dans ce Recueil; nous y avons ajouté, grâce à l'obligeance de MM. Dorsett et Blythe, habiles manufacturiers, et à celle de M. Fragneau, constructeur de machines à Bordeaux, les dessins qu'ils nous ont communiqués des appareils les plus perfectionnés et les plus récents.

Avant de décrire ces appareils, nous allons exposer, en suivant le texte de M. Manès, l'importance que présente la conservation des bois considérée d'abord au point de vue de la prospérité des *Landes de Gasccogne,* puis les divers procédés actuellement en usage dans cette contrée pour la préparation des échalas de vigne, des poteaux télégraphiques et des traverses de chemins de fer.

La contrée désignée par M. Manès sous le nom de *Landes de Gascogne* comprend les dunes et les landes proprement dites. Les dunes, disposées sur le littoral de l'Océan en une suite de monticules plus ou moins élevés, occupent, avec leurs lettes ou vallés, une étendue superficielle de 85,002 hectares, dont 49,190 hectares dans le département de la Gironde, et 35,812 hectares dans le département des Landes. A la fin de l'année courante (1863) au plus tard, toutes les dunes, d'une étendue de 61,242 hectares, seront ensemencées en pins. Quant aux lettes, d'une étendue de 23,760 hectares, partie d'entre elles resteront encore dénudées. soit parce que le sol y est souvent trop humide pour que le pin puisse y prospérer, soit parce que l'expérience a appris que ces vallées se fixent souvent d'elles-mêmes lorsque les dunes voisines sont fixées et ensemencées.

Les landes, disposées en un ensemble de vastes plaines allant du pied des dunes du littoral au pied des coteaux de l'Agenais et de l'Armagnac, présentaient en 1850 une superficie de terrains boisés en pin d'au plus 175,000 hectares, et une étendue de terres inculte de 633,594 hectares, dont 341,850 hectares de landes communale, et 291,744 hectares de landes particulières. Depuis la publicité donnée aux moyens simples et peu coûteux d'assainissement et de mise en valeur des landes, si heureusement découverts par M. Chambrelent, la presque totalité des 291,744 hectares de landes nues appartenant à des particuliers ont été ensemencées en chênes et en pins. Des travaux semblables, entrepris conformément à la loi du 19 juin 1857, s'exécutent avec rapidité dans les 341,850 hectares de landes stériles appartenant aux communes, et bientôt là où naguère l'œil

n'apercevait que des terres arides et insalubres, se verront au moins 500,000 hectares de nouvelles forêts de chênes et surtout de pins qui feront la richesse du pays. Les débouchés ne manqueront pas d'ailleurs à la grande production de bois qui résultera de l'ensemencement d'une aussi vaste étendue de terrain, vu les facilités de transport qu'offrent les nouvelles voies de communication et l'augmentation toujours croissante de communications qu'amène le développement de l'industrie.

Les forêts de chêne placeront d'autant plus facilement leurs produits, que ce bois est devenu rare et cher en France, et que chaque année on est obligé d'en faire venir de grandes quantités de l'Amérique.

Les forêts de pins trouveront elles-mêmes un écoulement assuré de leurs produits dans le développement que prennent les industries qu'elles alimentent. En effet, les principaux emplois de cette essence sont : les échalas et tuteurs, pour éclaircissages de 7 ans; les poteaux télégraphiques, pour les éclaircissages de 25 à 30 ans; les traverses des chemins de fer, pour les arbres de 30 à 40 ans; les planches, pour les pins plu s âgés.

Or, l'accroissement des vignobles et des plantations d'arbres tend sans cesse à augmenter la consommation des échalas et tuteurs.

Le développement donné aux lignes télégraphiques assure un débouché de plus en plus important aux poteaux, dont la consommation est appelée à s'accroître beaucoup par l'emploi qui vient d'en être fait en Angleterre, à l'étaiement des mines de houille du duché de Portland.

La grande extension qu'a pris l'envoi en bouteilles des vins du Bordelais et des eaux-de-vie de la Saintonge a fait augmenter considérablement la fabrication des caisses et l'exploitation des pins pour en tirer de la planche.

Enfin, l'établissement des lignes de chemins de fer en France a créé de nouveaux besoins, auxquels le chêne seul a dû d'abord pourvoir, et qui ont rendu bientôt les bois de cette essence fort rares et fort chers. On trouva alors le moyen d'y suppléer par le hêtre, bois abondant et à bas prix, dont on accroît la résistance par l'injection; puis il arriva que des futaies entière de hêtres ayant été exploitées pour cet usage, la valeur de ce bois s'éleva du prix du 15 à 20 fr. le mètre cube, à celui de 35 à 40 fr., et qu'aujourd'hui son emploi est devenu fort dispendieux. Cet état de choses a conduit à substituer au hêtre lui-même les bois résineux en les soumettant aux mêmes préparations, et par ce changement les forêts des landes de Gascogne sont appelées à fournir un contingent considérable à la consommation des voies ferrées de la France.

Le bois de pin s'imprègne des dissolutions antiseptiques de la même manière que le bois de hêtre, c'est-à-dire que son aubier s'injecte complétement, tandis que les couches centrales du cœur sont entièrement réfractaires. Le hêtre, si sujet à se fendre, a d'ailleurs, sous le rapport de la pénétration, de l'avantage sur le pin en ce que le cœur y occupe un volume beaucoup moindre. Néanmoins, l'injection du pin bien conduite est suffisante pour en faire un bois dur, capable de remplacer aussi le chêne dans la plupart de ses applications et pour en assurer également la conservation.

Les procédés d'injection qui, dans les landes de Gascogne, ont tout d'abord été appliqués au bois de pin, et qui y sont encore en usage, sont ceux : 1° de l'aspiration, de l'infiltration par la simple pression à l'air libre, et 2° de l'injection par le vide et la haute pression en vase clos.

1° INJECTION PAR ASPIRATION ET INFILTRATION PAR LA SIMPLE PRESSION DE L'AIR.

Le procédé de l'injection des bois par l'aspiration vitale ou par le mouvement séveux, ainsi qu'il a été indiqué par M. le Dr Boucherie, n'est employé aujourd'hui dans les landes que pour la conservation des bois destinés à l'échalassement des vignes, et à l'étaiement des jeunes arbres cultivés dans les pépinières et jardins.

L'échalassement des vignes donne lieu à une consommation de bois dont l'importance ne peut être estimée à moins de 300,000 mètres cubes par an pour le seul département de la Gironde.

On y a successivement employé le châtaignier, l'acacia et le pin. Le châtaignier fut d'abord généralement usité. Il servit exclusivement, jusqu'au commencement du XIXe siècle, à l'échalassement des vignes du Médoc. On l'y employait en petits carassons refendus, hauts de 0m70, qui se tiraient du département de la Dordogne par Bergerac. Le châtaignier étant un bois aussi résistant que le chêne, et qui se comporte bien à l'humidité, ces carassons, non écorcés, avaient une durée en terre de 15 à 20 ans, suivant l'âge du bois dont ils provenaient. Mais vers 1800, leur prix s'étant beaucoup élevé, on les abandonna et on les remplaça très-avantageusement par des échalas d'acacia, dont l'usage s'étendit bientôt aux autres vignobles.

L'acacia commença vers 1790 seulement à être cultivé en taillis dans la Gironde. Soumis tous les 5 ans à des coupes régulières, il fournit un bois dur, solide et tenace, très-propre à être employé pour échalas, dont on augmente encore la résistance en le tenant pendant 8 à 10 mois plongé dans l'eau, le pelant ensuite, et l'attachant fortement jusqu'à ce qu'il soit parfaitement sec. Ainsi préparé, l'échalas d'acacia a une durée en terre d'au moins 10 à 12 ans.

Les taillis d'acacia ayant d'ailleurs été insuffisants à l'échalassement de tous les vignobles de la contrée, on dut y employer encore les jeunes arbres provenant de l'éclaircissage des semis de pins, et c'est aujourd'hui cette essence qui fournit la plus grande partie des échalas de la Gironde. Mais les échalas de pin se détériorent promptement; ils pourrissent au niveau de la superficie du sol, doivent être réappointés chaque année, et ne peuvent durer plus de 3 à 4 ans. Il y avait donc un grand intérêt à chercher à en augmenter la durée par l'injection. C'est aussi l'une des premières applications qui aient été faites du procédé par aspiration du Dr. Boucherie, et par ce moyen on est parvenu à les faire durer plus de 10 ans.

Les éclaircissages des semis de pins, âgés de 10 à 15 ans, fournissent moyennement, à l'hectare, de quatre à deux milliers de bois d'œuvre et tuteurs, ayant de 3 à 6 mètres de hauteur, de 3 à 8 centimètres de diamètre, et cubant de 3 à 15 mètres cubes au millier.

Injection des échalas par le procédé Boucherie. — Les chantiers dans lesquels se préparent ces différents bois d'œuvre, et qui sont toujours placés à proximité des semis dont ils proviennent, se composent généralement :

1° D'un puits à eau et d'une pompe élevant cette eau dans des conduits qui l'amènent dans une ou plusieurs grandes caves de la capacité de plusieurs hectolitres, où se prépare la dissolution du sulfate de cuivre, au titre de 2 kilogrammes par hectolitre ;

2° De seaux, dans lesquels on reçoit la dissolution s'échappant de la cuve par un robinet, et au moyen desquels on transporte la liqueur dans les bailles où se fait l'immersion;

3° D'un certain nombre de ces bailles, moitié de barriques enfoncées en terre ou simplement posées sur le sol, alignées sur deux rangs de part et d'autre d'une ligne de rondins de pins, soutenus par des poteaux s'entrecroisant et établis horizontalement à 3 mètres environ d'élévation. C'est contre ces rondins que l'on appuie l'extrémité supérieure des brins de pins, dont on fait plonger la base dans la liqueur préservatrice.

Ces jeunes pins, coupés dans les semis et rendus sur le chantier, doivent être écorcés et avoir toutes leurs branches enlevées, à l'exception d'un petit bouquet de feuilles terminales, destiné à assurer et à activer l'opération.

On les plonge au nombre de cinquante à soixante dans chaque baille, de manière à ce qu'ils trempent de 30 à 50 centimètres dans la liqueur.

On remplace chaque jour la portion de liqueur qui est absorbée. L'opération est terminée lorsque la résine qui s'écoule des nœuds résultant de l'embranchement prend une couleur verdâtre, à 1m50 ou 2 mètres au-dessus du point utile de la pénétration. Cette opération dure moyennement de 10 à 12 jours.

Les pins ainsi injectés doivent alors être enlevés, rester en tas le moins possible, être au plus tôt rognés à la longueur marchande, et être mis en paquets suivant leur grosseur et leur destination.

Dans cette opération de l'injection des bois de pin provenant de l'éclaircissage des semis, les frais de préparation s'élèvent généralement à moitié du prix de revient de ces bois sur le chantier, soit de 40 à 50 fr. le millier.

On ne compte maintenant que trois grands chantiers de préparation des échalas dans la Gironde; ils sont établis à Gazinet, à Mios et à Marcheprime; ils occupent 400 bailles et préparent annuellement, dans le temps du mouvement de la sève, soit du 1er avril au 30 juin, environ 150 milliers d'œuvres de toutes grosseurs cubant environ 9000 mètres.

En outre de ces trois grands chantiers, on compte encore dans le Médoc et ailleurs un grand nombre de propriétaires qui préparent eux-mêmes par ce procédé aussi simple qu'économique les échalas dont ils ont besoin, et il est impossible d'apprécier exactement l'importance de ces préparations, qui, dans tous les cas, ne doit pas s'élever à plus de 400 milliers, du volume d'au plus 1,600 mètres. On voit, par suite, combien il reste à faire à cet égard.

En ce qui concerne particulièrement les échalas pour la vigne, comme l'expérience a prouvé qu'étant pénétrés de sulfate, ils se conservaient plus de 10 ans en terre sans avoir besoin d'être appointés, et qu'ils pouvaient être réduits à moitié de leur longueur, faire le même service et ne pas coûter plus que les échalas non préparés et de longueur double, qui ne duraient pas plus de 5 ans, on voit qu'ils procurent une économie réelle de trois fois en volume et d'une fois en argent sur la consommation qui s'en fait.

Le procédé de l'injonction par filtration mécanique ou par simple pression à l'air libre, imaginé par M. Boucherie, après avoir donné lieu à de nombreux essais dans les forêts de l'Oise et du Var, fut bientôt en France appliqué en grand d'abord pour les poteaux, puis pour les traverses.

INJECTION DES POTEAUX TÉLÉGRAPHIQUES PAR LE PROCÉDÉ BOUCHERIE. — La première ligne télégraphique établie en France fut celle de Rouen, qui se

construisit en 1845, et pour laquelle on employa des poteaux en chêne, qui, dès 1849, étaient déjà pourris en partie, et qui, trois ans plus tard, étaient tous entièrement détruits. En 1846, on fit usage pour la première fois sur la ligne du Nord de poteaux en pin ou sapin injectés de sulfate de cuivre par le procédé Boucherie, et ces poteaux, dont le prix de revient n'équivalait qu'au tiers environ de ceux de chêne, ayant été en 1852 trouvés parfaitement conservés, devinrent dès lors d'un usage général dans la télégraphie. A cette époque, on estimait à 100,000 le nombre de poteaux déjà placés, et beaucoup de chantiers étaient établis dans les landes de Bordeaux pour en préparer de grandes quantités. En 1855, on en avait déjà employé plus de 200,000, préparés en plus grande partie dans les landes et le reste en Suisse. Au 1er janvier 1860, la longueur des lignes télégraphiques étant de plus de 16,000 kilomètres, on n'y comptait pas moins de 300,000 poteaux préparés, dont le cube peut être estimé à environ 37,500 mètres. Les poteaux télegraphiques sont généralement de trois longueurs, savoir : de 6, de 8 et de 10 mètres.

Deux dispositions différentes furent tout d'abord employées ici pour l'injection de ces poteaux, suivant qu'ils étaient plus ou moins longs.

L'injection des poteaux de 6 mètres de longueur se fit en disposant les billes verticalement, en plaçant le gros bout en haut et en l'engageant dans une calotte cylindrique en plomb, qui recevait le liquide injecteur par un petit tube partant du réservoir supérieur dans lequel ce liquide était contenu. La séve était recueillie au bas dans une dalle qui la conduisait dans une baille, pour être utilisée en pharmacie.

Pour la pénétration des poteaux de 8 et 10 mètres de longueur, les billes étaient posées horizontalement. On appliquait contre la surface de leur base, et à quelques millimètres de distance, un plateau en bois que l'on y fixait par des vis, et qui pressait entre lui et cette surface une bande de basane ou de caoutchouc ou un bourrelet en corde. Un tube en caoutchouc, soudé d'une part avec le plateau, d'autre part avec un tuyau en cuivre, faisait communiquer l'intervalle laissé libre entre le plateau et la base du poteau avec un réservoir placé à 5 ou 6 mètres d'élévation, et servait à l'introduction du liquide.

Aujourd'hui, tous les poteaux télégraphiques que l'on injecte par le procédé Boucherie sont, quelle que soit leur longueur, préparés en suivant la dernière de ces dispositions. Les chantiers établis à cet effet se composent :

1° De plusieurs cuves d'égale capacité, posées sur le sol, remplies l'une après l'autre de l'eau qu'une pompe tire d'un puits voisin, et dans lesquelles on fait dissoudre la quantité exacte de sulfate nécessaire pour amener cette eau au titre voulu (1k 50 par hectolitre), ainsi que d'un réservoir inférieur établi dans le sol, et recevant successivement la dissolution clarifiée contenue chaque cuve.

2° D'un échafaudage en charpente établi à une certaine élévation, et sur lequel est posé le réservoir supérieur destiné à faire la pression; une deuxième pompe, placée sur cet échafaudage, puise la liqueur dans le réservoir inférieur et la déverse dans le réservoir supérieur. La hauteur de ce dernier doit varier avec l'essence et les dimensions des bois à préparer. Elle doit être assez grande pour faire pénétrer le liquide dans tous les canaux séveux, et ne doit pas être assez énergique pour faire que la liqueur traverse ces canaux sans y former de combinaisons stables. La hauteur reconnue utile pour la préparation des poteaux

télégraphiques de 8 mètres de longueur est celle de 8 à 10 mètres. (Gauthier Villars, *Annales télégraphiques de* 1859.)

3° De deux tuyaux en cuivre faisant suite l'un à l'autre, et destinés à mettre la liqueur préservatrice en communication avec les plateaux fixés aux extrémités supérieures des poteaux, qui se terminent, à leur extrémité opposée, à des troncs d'arbres en cuvette ou à des dalles en métal, dans lesquelles la liqueur sortant des billes est reçue et conduite dans des réservoirs spéciaux. L'un de ces tuyaux, dite de *descente*, est vertical: il part du fond de la cuve supérieure et amène la liqueur au niveau des poteaux. L'autre, dit de *distribution*, est très-légèrement incliné; il passe près des poteaux et se relie à leurs plateaux au moyen de petits tubes en caoutchouc, adaptés à des tubulures en cuivre.

4° Enfin, d'une sole formé de rondins établis à terre et sur lesquels sont posées deux rangées de poteaux qui sont placés côte à côte, de part et d'autre du tuyau horizontal, avec rigoles de retour.

L'installation d'un chantier contenant deux rangées de 100 poteaux chacun, coûte de 3,000 à 3,500 fr. Sa conduite occupe ordinairement 8 hommes, dont le travail consiste à alimenter convenablement les deux cuves, et à nettoyer de temps en temps la cuve inférieure des impuretés qui s'y amassent; à mettre les bois en place; à les munir de leurs plateaux et à faire communiquer ceux-ci avec le tuyau de distribution, puis à rafraîchir, chaque fois que cela est nécessaire, les surfaces par lesquelles le liquide pénètre dans les vaisseaux du bois.

La première liqueur qui s'écoule est de la séve pure, qu'on recueille pour être employée en pharmacie. Celle qui paraît ensuite est un mélange de séve et de sel antiseptique, qui est quelquefois reprise pour servir à la préparation de nouveaux bois et diminuer la consommation du sel antiseptique. Mais c'est à tort, attendu que l'on ramène ainsi dans les billes des sucs susceptibles de fermentation. Les poteaux sont injectés avec leur écorce; il faut ensuite les écorcer, les unir à la plane, les couper à la longueur voulue, et les apointiller au sommet.

La pénétration est d'autant plus facile que l'arbre est plus jeune, mais ils absorbent d'autant plus.

La durée de la pénétration des poteaux de même âge est très-différente, suivant leur longueur; ainsi, en belle saison, des poteaux, de 6 mètres s'injecteront facilement en 3 jours, tandis que des poteaux de 8 mètres en demanderont 7, et ceux de 10 en exigeront 12 dans les mêmes circonstances.

Les poteaux de 8 mètres, qui sont employés en plus grand nombre, doivent avoir au moins 18 centimètres de diamètre à 1 mètre de la base, et 10 centimètres au petit bout. L'administration exige qu'ils n'aient pas plus d'un tiers de cœur, et que leur durée, après leur injection, soit garantie pour 5 années.

Un chantier contenant 200 poteaux peut préparer moyennement en beau temps 100 poteaux de 8 mètres par semaine. Les arbres qui fournissent ces poteaux coûtent sur pied de 3 fr. à 3 fr. 50 c.; l'abattage et le transport au chantier coûtent encore de 50 c. à 1 fr.; enfin, la préparation, sulfate compris, revient moyennement à 2 fr. Ces poteaux tout préparés sont payés par l'administration au prix de 10 à 11 francs la pièce.

Il existe en ce moment dans la Gironde trois grands chantiers pour la préparation des poteaux télégraphiques, savoir: un à Bordeaux, un à Portet, un à Gazinet. Ils occupent ensemble 24 ouvriers, qui préparent moyennement 450 poteaux par semaine. La pénétration peut s'y faire toute l'année, excepté aux mo-

ments de la gelée, qui solidifie soit la liqueur à injecter, soit la séve à expulser; mais elle réussit d'autant mieux qu'elle est faite dans un plus court délai après l'abattage, et que cet abattage a lieu pendant que la séve est en mouvement.

INJECTION DES TRAVERSES DE CHEMINS DE FER. — Les premières grandes lignes de chemins de fer construites en France datent de l'année 1836, et pendant dix années on y fit exclusivement usage de traverses en chêne, dont la durée pouvait être de 10 à 12 ans sans être préparées. A cette époque, on y substitua des traverses en hêtre injecté au sulfate de cuivre. La première fourniture remonte à 1847; elle était de 25,000 billes de hêtre, que la Compagnie du Nord fit placer sur la voie de Creil à Saint-Quentin. Depuis lors, les commandes diverses en hêtre préparé n'ont pas cessé d'augmenter d'importance; mais elles ne tardèrent pas à amener une élévation considérable dans le prix des bois de cette essence, et firent sentir aux Compagnies la nécessité de remplacer le hêtre par les bois résineux, qui sont de croissance beaucoup plus prompte. Ce fut seulement en 1850 que l'on commença dans la Gironde à préparer pour les chemins de fer des traverses en pin injecté, et jusqu'en 1854 on se servit uniquement du procédé Boucherie pour cette préparation.

Deux dispositions différentes furent encore employées, suivant que l'on opérait sur des billes de longueur simple ou double.

Pour les billes n'ayant que la longueur d'une traverse, M. Boucherie opérait verticalement, comme pour les poteaux de 6 mètres, en calottant leur gros bout avec un tuyau métallique ou un manchon en toile caoutchoutée.

Pour les billes de la longueur de deux traverses, M. Boucherie opérait horizontalement en plaçant les billes à terre, à la suite les unes des autres, élevées de quelques centimètres au-dessus du sol; il pratiquait au milieu de chaque bille un trait de scie transversal, qu'il fermait au moyen de l'enroulement d'un simple tour de corde, de même qu'un trou oblique qui aboutissait au vide ainsi produit. La liqueur préservatrice à injecter était introduite dans ces vides au moyen de petits tubes s'adaptant par une de leurs extrémités aux trous obliques, et par l'autre extrémité à un gros tube courant sous les traverses et communiquant avec le réservoir de la liqueur, établi à plusieurs mètres d'élévation. Sous la pression déterminée par la hauteur de cette colonne liquide, la liqueur pénétrait dans les vaisseaux du bois, et la séve s'écoulait par les deux extrémités libres des billes, où elle était reçue dans un bassin.

Ce procédé si simple et d'exécution si facile de l'injection dans la position couchée des bois en grume et récemment abattus, destinés à faire des traverses, fut pendant longtemps le seul employé dans l'industrie; mais les cessionnaires du brevet Boucherie, dans un chantier de 100 mètres de longueur coûtant 4,000 fr. d'installation, préparaient au plus en deux jours la quantité de bois nécessaire à la confection de 200 traverses, soit par jour celle de 100 traverses équivalant à environ 11 mètres cubes. Ce procédé était donc fort lent; il était aussi fort coûteux, car le mètre cube de ce bois ainsi préparé n'y revenait pas, droit de brevet compris, à moins de 15 fr., en raison surtout de la forte proportion de sulfate consommé, et dont une partie en pure perte, ce bois étant injecté en grume et s'employant écorcé; par ces raisons, cette méthode fut complétement abandonnée dès que celle plus rapide et moins chère de l'injection en vase clos fut introduite dans la Gironde.

2° INJECTION PAR LE VIDE ET LA HAUTE PRESSION EN VASE CLOS.

Le procédé de l'injection en vase clos par le vide et la haute pression, inventé par M. Bréant et rendu pratique par M. Béthell, fut employé en France vers 1840 par ce dernier. Mais ce ne fut qu'environ dix ans plus tard qu'on commença à en faire usage dans la Gironde. MM. Burth et Cie montèrent alors à La Bastide un petit appareil dans lequel ils préparèrent pendant quelque temps à la créosote des traverses en chêne pour la Compagnie d'Orléans.

En 1854, le même procédé fut appliqué par M. Béthell lui-même à la préparation des bois de pin pour les traverses nécessaires à l'établissement des voies de la Compagnie du Midi. M. Béthell fit disposer à cet effet au lieu de Lamothe, sur le chemin de La Teste, un grand appareil dans lequel il devait, d'après son marché, employer le sulfate de cuivre pour antiseptique; mais il fut bientôt reconnu que cette matière corrodait la tôle dont était formé le cylindre, et qu'il se produisait du sulfate de fer, lequel nuisait à la bonne préparation du bois. M. Béthell dut alors substituer le chlorure de zinc au sulfate de cuivre, et c'est avec ce nouvel agent que fut exécuté le marché, qui dura environ deux ans. Mais on ne fut pas très-satisfait de cette préparation, en raison sans doute de l'entraînement par les eaux pluviales de la presque totalité du chlorure, qui est très-soluble.

En 1859, la Compagnie Dorsett et Blythe, cessionnaire des droits du brevet pris en France en 1858 par M. Béthell pour l'injection au sulfate de cuivre, dans des cylindres en fer préparés contre l'action de cette dissolution par un triple revêtement intérieur, vint établir avec beaucoup de succès, d'abord à la gare Saint-Jean, à Bordeaux, puis à Labouheyre, dans le département des Landes, les deux grands chantiers qu'on y voit encore.

En 1861, deux nouveaux appareils d'injection au sulfate de cuivre par le vide et la haute pression furent montés, l'un à Labouheyre dans le système Légé et Fleury, l'autre à Barsac dans le système Fragneau.

Enfin, en 1862, MM. Dorsett et Blythe montèrent encore à Morcens un chantier de préparation semblable à celui qu'ils avaient déjà à Labouheyre.

C'est, en somme, dans cinq ateliers de préparation, établis d'après trois systèmes différents, que sont en ce moment injectés en vase clos, au moyen du vide et d'une haute pression, les bois qui proviennent des forêts de pins des landes de Gascogne, et qui sont destinés à être employés, soit comme traverses sur les lignes de chemins de fer, soit comme poteaux sur les diverses lignes télégraphiques. Les trois systèmes comprennent le même genre d'appareils, et ne diffèrent entre eux que par quelques particularités ayant d'ailleurs leur importance.

Dispositions sommaires des appareils. — On y prépare généralement la dissolution au moyen de deux cuves en bois, doublées en plomb. Dans la première, on fait dissoudre le sulfate de cuivre; dans la seconde, on l'amène au degré voulu par des additions successives d'eau pure. La dernière cuve est traversée d'un serpentin dans lequel passe un courant de vapeur qui réchauffe la dissolution; celle-ci est surmontée d'un flotteur à tige graduée qui fait connaître à chaque instant la quantité de liquide contenue, et par différence celle absorbée. Le vase clos dans lequel on met les bois à préparer est un cylindre

métallique horizontal, en tôle, en fonte de fer ou en cuivre, qui se charge et se décharge, soit par les extrémités, soit par le milieu.

Le vide et la pression sont successivement opérés dans le vase clos, au moyen de pompes pneumatiques et de pompes aspirantes et foulantes que meut une machine à vapeur, le plus souvent une locomobile de la force de 4 à 12 chevaux. A cet effet, des tuyaux et robinets en bronze font communiquer, tantôt les pompes pneumatiques avec le cylindre, tantôt les pompes aspirantes avec la dissolution.

On reconnaît le degré du vide opéré à l'aide d'un tube manométrique; le moment du remplissage du cylindre par un tube recourbé placé à son sommet; la pression produite dans ce cylindre par un manomètre à cadran.

Voici, dans tous les systèmes, le mode d'opérer :

Mode d'opérer. — Les bois à préparer, provenant d'une même coupe, sont empilés aux environs du chantier; la première chose à faire est de se bien rendre compte, d'après la proportion d'aubier que renferme le bois, ainsi que d'après sa pesanteur spécifique, le temps écoulé depuis son abattage et son degré de dessiccation, de la quantité de dissolution qu'il pourra absorber, du titre à donner à cette dissolution pour y introduire au mètre cube la quantité de sulfate voulue, et de la pression à faire éprouver à la dissolution pour que cette quantité se répande uniformément dans tous les pores du bois.

La quantité minimum de sulfate à injecter dans les bois pour assurer leur conservation, a été reconnue par l'expérience devoir être de 5 à 6 kilogrammes par mètre cube; or, la quantité de liqueur absorbée par un même bois peut varier du simple au double, suivant son état. Il faut donc aussi, suivant cet état, employer des liqueurs à titres différents. Ordinairement, cette liqueur est préparée au titre de 1k50 à 2k30 par hectolitre d'eau sous la température de 15°.

La pression sous laquelle doit être refoulé le liquide pour le faire pénétrer dans les pores du bois en quantité suffisante, pourra de même varier du simple au double, suivant le degré de perméabilité du bois ou sa facilité d'absorption en raison de sa texture; ordinairement, la pression sous laquelle le liquide est refoulé dans le bois varie de 6 à 10 atmosphères. Cette pression, pour être efficace, ne devant pas être inférieure à 6 atmosphères, s'il arrivait que le bois étant très-perméable s'imprégnât de toute la quantité voulue sous une plus faible pression, il faudrait diminuer le titre de la dissolution et lui en faire absorber une plus grande quantité sous une pression plus forte.

En général, pour les bois verts, dans lesquels l'injection est moins abondante et plus difficile, on doit se servir d'une dissolution riche, au taux de 2 kilogrammes à 2k30 de sulfate par 100 kilogrammes, et pousser la pression jusqu'à 8 à 10 atmosphères pour introduire dans le bois la quantité de liqueur qu'il doit absorber et la quantité de sel voulue pour sa conservation.

Pour les bois secs, au contraire, dans lesquels l'injection est plus abondante et plus facile, on doit se servir d'une dissolution moins riche, au taux de 1k50 à 2 kilogrammes, et ne pas pousser la pression au-delà de 5 à 6 atmosphères pour arriver au même résultat. S'étant fixé sur ces différents points par quelques essais préparatoires, on fait charger le cylindre, on prend note de la quantité de bois qui y est entrée et du volume que ces bois représentent.

Le cylindre étant chargé et refermé, on ouvre le robinet de communication avec la pompe pneumatique d'une part, avec le tube manométrique d'autre

part; on met la machine en marche, et le vide se produit, mesuré par une colonne de 60 à 65 centimètres de mercure.

Ce vide étant fait, on ouvre la communication du cylindre avec le réservoir dans lequel est contenue la dissolution; la pompe pneumatique continue à fonctionner, afin de faciliter l'introduction du liquide dans le cylindre. Au bout de quelques minutes, ce cylindre est à peu près rempli; on ferme la communication avec le réservoir, on arrête la pompe pneumatique, et on met en action la pompe foulante, qui, puisant dans le même réservoir et introduisant de nouvelles quantités de liquide dans le cylindre, achève d'abord le remplissage de ce dernier, puis y opère le refoulement de la liqueur et son absorption par le bois.

Au moment où se fait le plein du cylindre, ce que l'on reconnaît par le tube recourbé partant de sa partie supérieure, l'agent de la Compagnie pour laquelle la préparation s'exécute et le conducteur des travaux prennent un échantillon de la liqueur; ils en observent le titre et la température au moyen de l'aréomètre et du thermomètre et en déduisent, au moyen de deux tableaux affichés dans l'atelier (1), la quantité réelle de la dissolution à injecter.

Alors que commence le refoulement du liquide et son absorption par le bois, on fait une marque à la place qu'occupe l'indicateur du flotteur, et par son abaissement on juge de la quantité de liqueur qui y est introduite; puis, aussitôt que l'on reconnaît que cette quantité égale celle déterminée par le calcul, on arrête le jeu de la pompe foulante; on rouvre la communication du cylindre avec le réservoir; tout le liquide non absorbé par le bois retombe dans ce réservoir, le flotteur remonte, et par la distance à laquelle il reste au-dessous de son point de départ, on vérifie la quantité de liqueur réellement absorbée. Le cylindre étant vidé, on l'ouvre pour en retirer les bois et procéder à un nouveau chargement. Ce mode d'injection est arrivé, comme on voit, à des opérations très-simples, et qui peuvent être confiées à tout ouvrier un peu intelligent.

On reconnaît que l'injection a été parfaitement exécutée par la couleur rouge violacée qu'accuse une solution de cyano-ferrure de potassium, au titre de 90 grammes par litre d'eau, versée sur les différentes parties de la tranche du bois injecté, coupé au milieu de la longueur des pièces. Pour les bois préparés

(1) Le premier de ces tableaux, dressés d'après un grand nombre d'expériences, dont quelques-unes ont été répétées devant nous, donne les titres de la liqueur antiseptique aux diverses températures comprises entre 15 et 30 degrés centigrades, le titre à la température de 15° étant pris pour base, et variant de 1,5 à 2,5 p. 100. On y cherche la température et le titre reconnus dans l'échantillon, et on voit, en remontant la colonne verticale dans laquelle se trouve ce titre, quel est le titre normal qui y correspond à la température de 15°.

Le second tableau fait connaître le nombre de litres de la dissolution à faire absorber d'après le volume des bois chargés dans le cylindre et le titre normal donné par le premier tableau. On y trouve dans une première colonne le nombre de traverses entrant dans le cylindre; dans une seconde, le cube de ces traverses, et en une suite d'autres colonnes les quantités de litres à faire absorber, correspondantes aux divers titres normaux depuis 1,5 jusqu'à 2,5, de manière à introduire dans le bois 5k5 de sulfate par mètre cube. Ce mode de détermination de la quantité de liqueur antiseptique chaude à injecter dans les bois, n'est employé que par la Compagnie Dorsett et Blythe; nous nous bornerons à dire de lui qu'il a reçu l'assentiment des ingénieurs de la Compagnie des chemins de fer du Midi.

par le procédé Boucherie, le même essai se fait à la tranche de sortie du liquide antiseptique. On s'assure aussi que le liquide injecteur n'a point corrodé le cylindre et introduit de sulfate de fer dans les fibres du bois, en opérant un trait de scie transversal sur les pièces de bois préparées, en recueillant la sciure que l'on dessèche, incinérée et traitée par l'acide azotique, en versant enfin dans la solution cuivrique ainsi obtenue un excès d'ammoniaque qui redissout l'oxyde de cuivre, et ne doit donner lieu à aucun précipité sensible d'oxyde de fer.

La Compagnie Dorsett et Blythe a, comme nous l'avons déja dit, pour la préparation des traverses et des poteaux, trois chantiers établis à Bordeaux, à Labouheyre et à Morcens, suivant le système Béthell.

DESCRIPTION DES APPAREILS INSTALLÉS A BORDEAUX

POUR L'INJECTION DES BOIS AU SULFATE DE CUIVRE ET REPRÉSENTÉ FIG. 1 DE LA PL. 16.

Le chantier de Bordeaux installé par MM. Dorsett et Blythe se compose de deux cylindres d'injection A et B, en tôle de fer, recouverte à l'intérieur d'abord d'une couche de 1 millimètre d'épaisseur d'un mélange de bitume raffiné et de gutta-percha, puis d'une lame de plomb de 2 millimètres, enfin d'un doublage en bois de chêne et de pin de 4 centimètres d'épaisseur.

Le premier cylindre A, d'une longueur de 12 mètres et d'un diamètre intérieur de 1m80, peut recevoir sur quatre longueurs la quantité de 200 traverses, qui se chargent par les deux bouts; le second cylindre B, de même diamètre que celui A, mais d'une longueur de 15 mètres, peut recevoir sur cinq longueurs la quantité de 250 traverses, qui se chargent également par les deux bouts. A cet effet, des couvercles en fonte *a*, *a'* et *b*, *b'* ferment ces deux bouts au moyen de boulons et peuvent s'ouvrir aisément à l'aide d'un mode de suspension que nous décrirons plus loin. Les chargement et les déchargements se font par des manœuvres, qui portent les traverses une à une sur leurs épaules, et qui vont les déposer dans le cylindre puis les en retirer.

Une machine à vapeur horizontale C, à grande vitesse, de M. Flaud, de la force de 10 à 12 chevaux et alimentée par les générateurs de vapeur D et D', actionne, au moyen d'un renvoi de mouvement qui ralentit la vitesse, les deux pompes à air *c*, destinées à faire le vide, et les deux pompes foulantes *d* pour le remplissage et la pression. Un manchon d'embrayage, disposé vers le milieu de l'arbre à manivelle *e*, permet de rendre le mouvement des pompes à air indépendant de celui des pompes foulantes et réciproquement.

Un seul tuyau sert à établir la communication des deux cylindres d'injection avec les pompes pneumatiques et les pompes foulantes. A cet

effet, ce tuyau est en communication avec deux récipients c' et d', munis de robinets qui servent à favoriser l'absorption de l'air et son refoulement, ainsi que celui de l'eau dans les cylindres.

Un autre tuyau f', partant du générateur D′, amène la vapeur dans un serpentin que contient la cuve cylindrique E, dans laquelle se trouve la dissolution de sulfate de cuivre au degré convenable, et qui est alors chauffée par cette vapeur.

Un réservoir d'eau F, disposé au-dessus de la cuve E, permet d'amener dans celle-ci l'eau nécessaire. A cet effet, un tube g muni de robinets établit une communication du réservoir avec le vase E′, dans lequel on fait dissoudre le sulfate de cuivre, que l'on a le soin de placer dans un petit baquet g', à fond percé de trous, pour qu'il ne se répande pas dans le vase E′, de sorte que la grande cuve ne contient que la dissolution amenée au degré voulu par les additions successives d'eau pure fournie par le réservoir supérieur F. La cuve E et le vase E′ sont en bois doublé de plomb. Les deux cylindres A et B sont en communication avec la cuve E par les tuyaux G et G′, munis chacun d'un fort robinet; le niveau d'eau dans la cuve doit toujours se trouver au-dessous de la ligne tangente inférieure des cylindres, afin que le liquide que l'on introduit dans ceux-ci puisse retourner librement dans la cuve.

Les pompes foulantes d aspirent le liquide antiseptique dans la cuve par le tuyau h, et le refoulent dans les deux cylindres d'injection, comme nous l'avons dit, par le tube unique f. Deux autres tubes i et i', également en communication avec les boîtes d'aspiration et de refoulement de ces pompes, permettent de les utiliser au besoin pour remplir d'eau pure le réservoir supérieur F.

Mise en marche et fonctionnement. — Comme il a été dit plus haut, les bois jugés dans un état de dessiccation suffisant pour être préparés sont chargés dans les cylindres. Le temps ordinairement employé au chargement et déchargement de chaque cylindre est d'environ une heure.

Le cylindre chargé, on ferme et on lute les deux couvercles a, a', b, b', on ouvre le robinet de communication avec les pompes à air c que l'on fait alors fonctionner; le temps nécessaire pour faire le vide à 65 centimètres de mercure est de 12 à 15 minutes. Ce résultat obtenu, on ouvre les robinets des tuyaux G et G′, qui établissent la communication de la cuve E avec les cylindres, et on continue de faire fonctionner encore quelques instants pour faciliter l'introduction du liquide. Ce cylindre se remplit à peu près par la pression naturelle de l'air atmosphérique et on ferme les robinets qui établissent la communication avec le réservoir, on arrête les pompes pneumatiques et on met les pompes foulantes en mouvement. Celles-ci remplissent d'abord les cylindres, ce qui dure environ 10 minutes, puis y opèrent le refoulement jusqu'à une pression qui peut varier de 6 à 10 atmosphères, comme il a été dit plus haut, ce qui peut durer de 35 à 40 minutes.

Quand on a reconnu par les moyens déjà décrits que les bois contenus dans les cylindres ont absorbé la quantité déterminée de liquide, on ouvre à nouveau les robinets des tuyaux G et G′, et tout le liquide qui n'a pas pénétré les bois retourne à la cuve contenant la dissolution. Le cylindre ainsi purgé, on ouvre les fonds pour en retirer les bois et procéder sans interruption à un nouveau chargement.

Le temps pour faire le vide, remplir les cylindres de liquide, puis le refouler, n'est en résumé, comme on l'a vu, que d'une heure et celui du chargement et du déchargement que d'une heure également, de sorte que le temps total d'une opération complète est de deux heures, et que, les deux cylindres travaillant alternativement, la machine peut fonctionner constamment puisque pendant le temps que l'opération s'achève dans un cylindre, l'autre a été déchargé et rechargé. On peut faire de la sorte cinq à six opérations complètes par journée de 12 à 13 heures, et préparer moyennement 2,400 traverses dans ce temps.

L'installation complète du chantier de Bordeaux peut avoir coûté environ 60,000 fr. Le personnel qu'il occupe se compose d'un conducteur de travaux, d'un chauffeur et mécanicien, et de 24 manœuvres. Ces manœuvres fatiguant beaucoup, reçoivent, pour le chargement et le déchargement des cylindres, le prix de 7 fr. par 100 traverses ; la consommation de la machine est de 6 à 7 hectolitres de charbon par jour : le droit de brevet payé à M. Béthell s'élève à 7 c. 1/2 par traverse.

La préparation, dans le chantier de Bordeaux, des poteaux télégraphiques offre plus de difficultés, exige plus de temps et coûte beaucoup plus cher que celle des traverses.

On charge encore sans trop de peine les poteaux de 6 mètres, du volume de $0^{m}10$, qu'un seul homme suffit à porter ; mais ceux de 8 mètres, du volume de $0^{m}16$, exigent 3 hommes pour être transportés, et ceux de 10 mètres, du volume de $0^{m}24$, 4 hommes.

On prépare les poteaux de 6 mètres et ceux de 10 mètres dans le cylindre de 12 mètres, qui peut recevoir 200 des premiers sur deux longueurs, et 60 des seconds sur une seule longueur. On donne aux ouvriers 20 et 25 fr. par cent pour le chargement et le déchargement des uns et des autres. Les poteaux de 8 mètres sont préparés dans le cylindre de 15 mètres, qui peut en recevoir 150 sur deux longueurs. Le chargement et le déchargement de ceux-ci est payé 15 fr. par cent aux ouvriers.

Les difficultés de manutention de ces divers bois exigeant qu'on y passe beaucoup de temps, on ne peut faire par jour que trois à quatre opérations. L'injection proprement dite des poteaux s'exécute d'ailleurs de même que pour les traverses, avec cette différence que les poteaux, étant en plus jeune bois, absorbent beaucoup plus, et qu'on doit employer une dissolution plus faible, au titre de $1^{k}50$ par hectolitre, pour injecter la même quantité de sulfate au mètre cube.

On a essayé quelquefois de remplir avec des traverses le vide laissé

par les poteaux dans les cylindres, mais la dissolution se portait de préférence sur les poteaux plus faciles à l'absorption, et les traverses ne s'injectaient pas.

CHANTIERS DE LABOUHEYRE ET DE MORCENS.

Les deux chantiers de Labouheyre et de Morcens se composent chacun d'un seul cylindre d'injection en tôle, avec doublages protecteurs semblables à ceux employés dans le chantier de Bordeaux. Le cylindre de Labouheyre a une longueur de 12 mètres et un diamètre de 1m80; il reçoit sur quatre longueurs 200 traverses; celui de Morcens, de 15 mètres de longueur et 1m80 de diamètre, reçoit sur cinq longueurs 250 traverses. L'un et l'autre cylindre se chargent par les deux extrémités avec des escouades de 6 hommes à chaque bout. Le chargement et le déchargement prennent une heure; les opérations du vide, du remplissage et du refoulement prennent également une heure, et se font dans les deux chantiers à l'aide d'une locomobile de M. Calla de la force de 8 chevaux, laquelle se chauffe sans frais avec les débris de bois provenant de l'équarrissage.

Tandis que dans les chantiers de Bordeaux et de Morcens la dissolution est employée chaude, dans celui de Labouheyre elle est généralement employée froide. C'est d'ailleurs à tort, car le chauffage de la dissolution facilite sa pénétration dans les fibres du bois. Les expériences nombreuses faites par les agents des Compagnies ont d'ailleurs prouvé que, quel que fût le degré de chaleur de cette dissolution, elle ne corrodait point le cylindre; car ses expériences n'ont amené, dans tous les cas, la découverte d'aucunes traces de fer dans les traverses préparées. L'installation des chantiers de Labouheyre et de Morcens a coûté la même somme de 30,000 fr. On y fait régulièrement de cinq à six opérations par jour; on prépare donc en moyenne, par jour, 1,100 traverses à Labouheyre et 1,400 à Morcens.

On prépare aussi dans ces chantiers quelque peu de poteaux télégraphiques. Ainsi, dans le cylindre de Morcens, on peut charger 300 poteaux de 6 mètres en trois longueurs, et faire quatre opérations par jour; ou 160 poteaux de 8 mètres en deux longueurs, ou 50 poteaux de 10 mètres en une seule longueur, et faire trois opérations par jour. On y prépare donc : dans le premier cas, 1,200; dans le deuxième cas, 480, et dans le troisième cas, 300 poteaux par jour.

L'usine de Morcens, la plus récente des trois qui appartiennent à la Compagnie Dorsett et Blythe, présente les plus simples et les meilleures dispositions de toutes. Dans cette usine, on a réuni toutes les conditions d'économie de temps, de main-d'œuvre et de bonne conservation; les opérations s'y font rapidement et sans fausses manœuvres, sous la conduite d'un seul homme qui suffit à tout le mécanisme. On distingue, quant à la disposition générale :

La situation du magasin à sulfate à une des extrémités du hangar formant atelier, avec porte ouvrant à l'extérieur pour l'entrée des barriques qui sont pesées dès leur arrivée, et porte donnant accès dans l'intérieur, entre la cuve à eau et la cuve de première dissolution, pour le transport des pesées successives de sulfate dans la demi-barrique percée qui se trouve à la partie supérieure de cette dernière cuve; la disposition du grand cylindre sous le hangar, de manière

que ses extrémités soient libres et sans communication avec l'intérieur (1), tandis que des cloisons en retour d'équerre enferment sa partie centrale avec tout le mécanisme, qui reste hors de la portée des manœuvres chargés de la manutention des bois;

La place qu'occupe dans l'atelier le bureau, qui permet, au moyen d'une porte vitrée, au chef du chantier et à l'agent de la Compagnie de surveiller les opérations et de se rendre compte à chaque instant de leur marche.

Quant aux machines en elles-mêmes :

Le placement dans des caniveaux souterrains de tous les tuyaux d'aspiration ou de conduite d'eau, de façon à n'entraver nullement les mouvements. Un seul tuyau est visible, et celui-ci suffit à faire alternativement le vide et la pression par le changement des deux robinets placés sur le récipient de la pompe pneumatique à double effet, et sur celui des deux pompes foulantes à simple effet;

La réunion, dans un court rayon, de tous les robinets qui sont placés en évidence sous la main de l'opérateur, de manière à permettre de saisir d'un seul coup d'œil les phases de l'opération par l'inspection de leur position respective. et d'éviter les chances d'accident pouvant résulter de la fermeture de l'un d'eux;

La position, de côté et d'autre de l'échelle du flotteur, du manomètre indicateur de la pression et du tube barométrique indicateur du vide, qui sont sous les yeux de l'opérateur, et peuvent être observés par lui sans qu'il ait à quitter le régulateur de la machine; enfin, la disposition symétrique sur chaque bout de l'arbre coudé de la locomobile, des pompes à air et à eau qui sont montées sur deux plaques de fondation semblables, avec récipients également pareils.

La pompe pneumatique est à tiroirs, système qui diminue d'une façon sensible le temps employé à faire le vide, soit par la suppression des rentrées d'air auxquelles donnent lieu les orifices d'échappement dans les pompes à clapets par suite du clapotement de ces clapets au moment de la fermeture alors que le piston change la direction de sa course, soit par le débit, à chaque coup de piston, d'un volume plus considérable d'air, résultant de la manière brusque dont le tiroir ferme l'ouverture avant que le piston n'ait parcouru une très-faible partie de sa course. C'est par l'effet de ce système, ainsi que par les soins mis à réduire autant que possible les espaces nuisibles, que M. Blythe est arrivé à faire dans un cylindre aussi volumineux que celui de Morcens le vide en 10 minutes, alors que dans un cylindre de même grandeur, à Bordeaux, il y a deux ans, on mettait 30 à 40 minutes.

La compagnie Dorsett et Blythe a, dans les années 1860 et 1861, préparé dans ses chantiers de Bordeaux et de Labouheyre 1,160,000 traverses, qui ont eu les destinations suivantes :

Pour le nord de l'Espagne	400,000	traverses.
— Alicante, Madrid et Saragosse	250,000	—
— Malaga	30,000	—
— le nord de la France, Orléans et le Grand-Central	80,000	—
— la Compagnie du Midi	400,000	—

(1) Cette disposition a été appliquée également à Bordeaux. On peut voir sur la fig. 1 de la pl. 15, que les têtes des cylindres dépassent également les cloisons du bâtiment.

La compagnie Dorsett et Blythe est aujourd'hui en position de préparer annuellement un million de traverses de chemins de fer et 20 milliers de poteaux télégraphiques.

DESCRIPTION DES ÉTUVES DE DESSICCATION

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 2 A 4 DE LA PL. 16.

Les bois verts qui viennent d'être abattus conservent une séve qui empêche de faire pénétrer, dans de bonnes conditions pour leur conservation, le liquide antiseptique au travers de la masse ligneuse, ce qui oblige d'attendre et de conserver les bois assez longtemps après la coupe avant de les soumettre aux procédés d'injection qui viennent d'être décrits. La dessiccation rapide au moyen de l'air chaud permet de parer à cet inconvénient et les bois sont même mieux préparés pour être injectés immédiatement à la sortie des étuves que lorsqu'ils ont passé un temps plus ou moins long à sécher à l'air libre.

Dans le but d'opérer cette prompte dessiccation aussitôt l'abattage des bois, comme aussi d'éviter les pertes de temps et les mains-d'œuvre dispendieuses, MM. Dorsett et Blythe ont disposé une double étuve qui non-seulement dessèche rapidement en utilisant aussi complétement que possible le combustible employé au chauffage, mais encore permet un service continu pour le chargement et le déchargement des étuves, dont les capacités sont combinées avec celles des deux cylindres d'injection de l'usine de Bordeaux de façon à ce que, sans interruption, les bois désséchés puissent passer des étuves dans les cylindres.

La fig. 1 de la pl. 16, dessinée à une petite échelle (1/200), montre la place qu'occupe l'étuve près du bâtiment qui contient les appareils d'injection ainsi que les voies ferrées et le mouvement des wagonnets.

La fig. 2 est une section horizontale de l'étuve à une échelle plus grande, au 1/75 de l'exécution.

La fig. 3 en est une section longitudinale faite suivant la ligne 1, 2.

La fig. 4 est une section transversale suivant la ligne brisée 3, 4, 5, 6.

Cette double étuve est composée de deux grandes chambres A′ et B′ ayant chacune 3^{m}25 de largeur intérieur, 12 mètres de longueur et 2^{m}50 de hauteur moyenne.

Les parois de ces chambres sont en briques réfractaires, et on a ménagé dans leur épaisseur un espace vide sur toute la longueur pour former les conduits d'air a, a' a^2, dans lesquels doivent se rendre les vapeurs d'eau, l'air et les produits de la combustion appelés par les cheminées c, c' et c^2 dont ces conduits sont surmontés.

Les voûtes de ces deux chambres sont également en briques réfractaires garnies en dessus et par côté de béton, et sur ce béton d'une couche de menu charbon pour éviter, autant que possible, le refroidissement.

Sur cette couche de charbon sont disposées des tuiles suivant un plan incliné à droite et à gauche pour l'écoulement des eaux pluviales.

Les murs de clôture et la cloison de séparation des deux chambres sont élevés sur des massifs en maçonnerie *d*, entre lesquels il y en a deux autres *d'*, qui règnent également sur toute la longueur de l'étuve pour recevoir les rails Barlow *e*, destinés à recevoir les wagonnets V, chargés des bois que l'on veut soumettre à la dessiccation.

Les espaces compris entre les massifs *d* et *d'* sont recouverts par de petites voûtes en briques réfractaires *f* et *f'*. Celle du milieu *f* (fig. 4) est surmontée latéralement et au milieu de cloisons peu élevées qui supportent un petit plancher *g*, formé de plaque en fonte placées simplement les unes à côté des autres sur toute la longueur de l'étuve. Le dessus de cette petite voûte centrale présente ainsi au milieu de chaque chambre d'étuve deux carneaux longitudinaux D et D', ayant chacun, à l'extrémité opposée, un foyer de combustion E et E' avec grille et cendrier.

Pour que ces foyers aient une largeur suffisante, ils occupent de chaque côté la même largeur que les deux conduits, et pour que les produits de la combustion de l'un ne se mêlent pas avec ceux de l'autre, la cloison du milieu qui divise le conduit se raccorde aux deux bouts, comme l'indique le plan fig. 2, dans lequel on a supposé les plaques en fonte *g* enlevées dans la chambre B', pour laisser voir justement cette disposition des deux carneaux. Les parois latérales de ces derniers sont percées d'ouvertures rectangulaires *o*, laissant échapper dans l'étuve les gaz de la combustion des deux foyers, qui suivent alors la marche indiquée par les *flèches en lignes pleines*.

D'autres *flèches en lignes ponctuées* indiquent, dans les deux étuves, le mouvement des gaz, de la combustion et des vapeurs dégagées des traverses, qui sont introduites sur les wagonnets V, rangées sur ceux-ci, comme on le voit par les fig. 3 et 4.

On remarque que les gaz par l'effet physique de leur densité montent tout d'abord à la voûte des étuves, en circulant entre les traverses de bois et en entraînant l'eau vaporisée qu'elles contiennent.

Ces gaz et ces vapeurs, en se refroidissant, se trouvent naturellement sollicités à redescendre en suivant les murs latéraux, rafraîchis par les chambres à air a, a', a^2, et dont la partie inférieure est percée d'une ouverture rectangulaire *h*, qui établissent une communication directe entre les cheminées d'aspiration c, c' et c^2 et l'intérieur des étuves. Les vapeurs condensées qui s'écoulent le long des murs descendent par les demi-voûtes latérales *f'* (fig. 4) dans une rigole qui les conduit au dehors des étuves.

Pour l'entrée et la sortie des wagonnets chargés des bois, les deux chambres de dessiccation sont ouvertes des deux bouts. Le chargement effectué, on ferme ces ouvertures, qui sont pourvues, à cet effet, de portes en tôle F, à deux battants, montés à charnières sur des montants verticaux

en fer j, qui ne sont autres que des rails Barlow. Des rails semblables j' consolident les murs latéraux, au moyen de tirants en fer k qui maintiennent la poussée des voûtes.

SERVICE DES ÉTUVES AVEC LES CYLINDRES DU CHANTIER DE BORDEAUX. — Nous avons dit que le temps nécessaire pour faire une opération complète d'injection dans chaque cylindre A et B (fig. 1), était de deux heures, y compris le chargement et le déchargement, et que l'un pouvait contenir 200 traverses et l'autre 250. De plus, nous avons vu que les deux cylindres étaient chargés alternativement, c'est-à-dire que pendant l'heure que durait la triple opération du vide, du remplissage et de la pression dans l'un des cylindres, on chargeait l'autre, et *vice versa;* de sorte qu'il n'y avait pas d'interruption dans le service des machines, ni dans celui des chargement et déchargement.

Pour faire la première de ces manœuvres, dans le cas où l'on a à traiter des bois verts qui ont besoin d'être soumis à une dessiccation préalable, on fait sortir de chaque étuve un wagonnet, celui qui a été introduit le premier, et on le remplace immédiatement par un second wagonnet tout chargé. Ce dernier doit pénétrer dans l'étuve A' par la porte opposée à celle qui donne issue au wagonnet que l'on retire.

Cette double manœuvre de la sortie du premier wagonnet et de la rentrée du second est effectuée simultanément à l'aide d'un cabestan autour duquel on enroule la chaîne l, par exemple, que l'on tire dans le sens indiqué par les flèches x, et qui est attachée au wagonnet V'. Celui-ci, attiré alors, pousse, en entrant dans l'étuve, le dernier qui se présente à lui et fait obstacle à son entrée, et qui, lui-même, repousse le suivant, puis celui-ci le deuxième et enfin le premier qui sort alors de l'étuve, remplacé ainsi par le wagonnet V' occupant dans ce cas la dernière place. On effectue la même manœuvre dans l'autre étuve B' au moyen de la chaîne l', qui attire, mais en sens inverse, comme l'indiquent les flèches x', le wagonnet V^2; de cette manière, au fur et à mesure que l'on fait entrer un wagonnet d'un côté on en fait sortir un de l'autre, et inversement pour chaque étuve.

Ces deux directions sont nécessaires pour effectuer le chargement des cylindres; ainsi les traverses que porte le wagonnet de la première étuve A' sont introduites par les bouts des cylindres qui se trouvent de ce côté, et les traverses du wagonnet sortant de la seconde étuve B' sont employées au chargement des mêmes cylindres, mais par leurs bouts opposés.

Pour qu'il n'y ait pas d'interruption dans les opérations, il est nécessaire que la dessiccation s'opère dans l'espace de quatre heures, puisqu'il faut que toutes les heures on puisse sortir au moins un des wagonnets de chaque étuve, ceux-ci contenant 99 traverses.

Or, nous avons vu que dans les deux cylindres on pouvait injecter 2400 traverses en 12 ou 13 heures.

Les deux étuves ont donc été calculées pour satisfaire complétement à cette exigence de la continuité de marche des appareils d'injection.

CHANTIER ÉTABLI A LABOUHEYRE PAR LA COMPAGNIE DU MIDI.

Afin de pouvoir contrôler les opérations des entrepreneurs et au besoin préparer des poteaux et des traverses, la Compagnie du Midi a fait établir un chantier exactement dans le système Fleury. Ce chantier qui, on assure, n'a pas coûté moins de 200,000 fr., se compose principalement:

1° De deux cylindres injecteurs en cuivre ayant 8m50 de longueur et 1m50 de diamètre, qui se chargent par une de leurs extrémités seulement, et sur lesquels sont appliqués : le tuyau de vapeur venant de la chaudière avec embranchement conduisant au serpentin placé dans le réservoir; le tuyau venant de la pompe à air et celui venant de la pompe foulante; le tube en verre indicateur du niveau de la dissolution dans le cylindre, et le manomètre métallique indicateur de la pression; une soupape de sûreté se soulevant quand le bois n'absorbe plus et conduisant alors l'excès de dissolution dans le réservoir; un robinet pour la rentrée de l'air dans le cylindre; enfin, le tuyau faisant communiquer le bas du cylindre avec le réservoir.

2° D'une locomotive à deux cylindres de la force de 20 chevaux chacun, dont un seul est mis en activité. Cette machine communique alternativement par une courroie et une poulie folle le mouvement à deux poulies qui sont placées sur le même axe, et liées, l'une à l'engrenage faisant mouvoir la pompe pneumatique à clapets, l'autre à l'engrenage faisant mouvoir la pompe aspirante et foulante. Ces engrenages étant dans le rapport de 1 à 3, il en résulte qu'il faut donner une grande vitesse à la machine pour en imprimer une petite aux pompes, d'où une grande dépense en combustible.

La conduite des opérations est différente ici de celle qui a lieu dans le grand atelier de Bordeaux. Les deux cylindres sont chargés et déchargés en même temps, et l'injection s'y fait à la fois dans les deux.

Le chargement des cylindres s'opère en introduisant dans leur intérieur des chariots ou wagonnets sur lesquels ont été placés les bois à injecter, et qui ont été amenés sur des trucks à leur embouchure. Après l'opération, les chariots sont retirés des cylindres et replacés sur les trucks, qui les transportent aux places où doivent être entassés les bois préparés.

Dans le principe, on introduisait dans chacun des cylindres, au moyen de deux postes de 6 hommes, trois chariots portant 15 traverses; on n'y faisait donc entrer que 45 traverses. Ce mode avait l'inconvénient de n'utiliser que la moitié au plus de la capacité du cylindre, et de diminuer beaucoup la production journalière. Aujourd'hui, on n'introduit que deux chariots qui viennent occuper le fond du cylindre, et on charge le devant de 25 traverses, qui sont portées à bras et remplissent la capacité antérieure; on fait entrer ainsi 55 traverses dans chaque cylindre.

Les deux cylindres étant chargés, on commence par y injecter un courant de vapeur, afin de rétablir la continuité des canaux, qui sont obstrués par l'albumine desséchée du bois, et de rendre celui-ci plus perméable; mais cette vapeur, dont l'utilité peut être contestée alors qu'on se sert d'une dissolution chaude tendant

à produire le même effet, a l'inconvénient de porter tort à la pompe pneumatique qui l'évacue. Le vide, le remplissage et la pression s'opèrent ensuite à l'ordinaire, avec cette seule différence qu'on y maintient la pression plus longtemps. D'abord, le vide s'opérait à l'aide d'une mauvaise pompe à air provenant d'une ancienne machine de bateau, et cette opération ne prenait pas moins de 50 minutes. Dernièrement, on l'a remplacée par une pompe neuve, qui effectue le même vide en 15 à 20 minutes.

Le temps du chargement et du déchargement, qui était d'au plus 10 minutes quand on introduisait trois chariots dans le cylindre, est de 15 minutes depuis qu'on n'en introduit que deux et que le reste du chargement s'effectue à bras. L'injection de la vapeur prend 10 minutes, le vide 15, le remplissage 5, le refoulement 10, et le maintien de la pression 15. Le temps total d'une opération est donc de 1 heure 10 minutes. On fait onze opérations par journée de 13 heures, et on prépare dans ce temps 1,200 traverses, tandis que d'abord on n'en préparait que 700 en huit opérations.

Il y a dans le chantier de la Compagnie du Midi un conducteur de travaux, un chauffeur et mécanicien, un opérateur, et 12 manœuvres recevant 6 fr. par 100 traverses préparées. La consommation de la machine y est de 9 à 10 hectolitres de houille par jour.

On prépare dans ce même chantier des poteaux télégraphiques de 6m50 et de 7m50 de longueur. Les poteaux de 7m50 y reviennent rendus au prix de 5 fr. à 5 fr. 50 c. On en passe 70 dans les deux cylindres; leur chargement et déchargement se fait à bras, prend une heure et demie, et se paye 20 fr. par 100. L'injection proprement dite dure une heure un quart. La liqueur antiseptique étant préparée ici au titre de 2 kilogrammes, ces poteaux absorbent généralement 7 kilogrammes de sulfate par mètre cube. — Le total des frais de la préparation peut être compté à 2 fr. par poteau.

L'appareil d'injection dans le système Fleury, avec les deux cylindres de la Compagnie du Midi, après avoir été longtemps inférieur à l'appareil d'injection dans le système Béthell, avec le cylindre unique de la Compagnie Blythe, est encore, ainsi qu'on le voit, moins avantageux que ce dernier, et on ne peut trop s'en étonner lorsqu'on pense que l'usine de la Compagnie Blythe a précédé de plus d'une année celle de la Compagnie du Midi. Nous pouvons, du reste, comparer l'usine à deux cylindres établie à Amiens dans le système Fleury, et décrite par M. Payen, avec l'usine à deux cylindres établie à Bordeaux dans le système Béthell, et nous trouverons encore que l'avantage reste à cette dernière en ce que le capital engagé y est beaucoup moindre, le prix de la main-d'œuvre peu différent, et la production journalière double.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL D'INJECTION DE M. FRAGNEAU

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1, 2 ET 3 DE LA PL. 17.

Pour éviter autant que possible les frais de transport et de manœuvres qui augmentent sensiblement le prix des traverses de chemin de fer et des poteaux télégraphiques, M. Fragneau a eu l'idée de disposer un appareil pouvant être aisément et rapidement transporté sur tous les

points où seraient entassés, le long d'une ligne ferrée par exemple, les traverses sorties des forêts avoisinantes.

L'appareil dont fait usage M. Fragneau peut, au besoin, remplir cette condition avec une locomobile pour moteur et un tuyautage facile à installer. Il fait gagner du temps pour le chargement et le déchargement du cylindre, en ce que les deux moitiés de ce cylindre n'ayant que la longueur d'une traverse, les ouvriers n'ont point à pénétrer dans son intérieur. Mais cette économie de temps n'a d'importance qu'avec l'emploi d'un seul et court cylindre, auquel cas la production journalière est, naturellement, peu considérable.

M. Fragneau a établi à Barrac un chantier sur ce système, qui se compose, dit M. Manès :

1° D'une étuve destinée à la dessiccation des bois qui, arrivant en partie par le Ciron, exigeraient souvent un temps très-long pour être desséchés à l'air ;

2° D'une caisse pour la préparation de la liqueur et d'un seul cylindre injecteur, divisé en deux parties montées chacune sur quatre roues ;

3° D'une chaudière tubulaire de la force de 6 cheveaux, et d'une machine à vapeur de la force de 3 chevaux qui donne le mouvement à une pompe à air et à deux pompes foulantes.

L'installation de ce chantier a coûté environ 20,000 fr.

L'étuve, de la capacité d'environ 40 mètres cubes, est divisée en deux compartiments chauffés séparément par un feu de coke. On introduit dans chaque compartiment 80 à 100 traverses, qu'on y fait séjourner pendant une à deux heures, et qui sont ensuite immédiatement chargées dans le cylindre.

Ce cylindre est en fonte; sa longueur est de 5m80, son diamètre de 1m50. Il n'a d'autre enduit préservateur qu'une mince couche de minium. Ses deux parties se réunissent par des agrafes boulonnées. La machine à vapeur est à cylindre horizontal; sa vitesse ordinaire est de 220 coups par minute; elle consomme ordinairement 3 hectolitres de houille par journée de 13 à 14 heures.

Le chargement se fait ici en séparant les deux parties dont se compose le cylindre, en introduisant dans chacune une longueur de traverse avec deux postes de 3 hommes. Le déchargement se fait de même : l'une et l'autre opération ne prennent pas plus de 40 minutes, et se paient 6 fr. par 100 traverses.

Lorsque les bois n'ont pas été étuvés, qu'ils sont humides et n'ont point été réchauffés par le soleil, il arrive quelquefois qu'on les soumet pendant 5 minutes à un courant de vapeur ; mais cela n'a lieu que très-exceptionnellement.

La dissolution est préparée au titre de 2k50 par hectolitre, et chauffée à 45° avec l'échappement seul de la machine.

La marche des opérations, dépendante de l'état de siccité du bois, est la suivante pour des traverses ayant quatre à cinq mois d'abattage :

On met pour	faire le vide.	13 minutes.
»	faire le plein.	12 »
»	refouler le liquide et vider le cylindre. . . .	45 »
»	charger et décharger le cylindre.	40 »
		110 minutes.

On peut conséquemment faire sept opérations dans une journée de 13 heures, et préparer moyennement pendant ce temps 600 traverses.

Le chantier de Barsac a préparé jusqu'ici des traverses pour les chemins de fer algériens. Il a eu à exécuter une commande de 60,000 traverses.

La fig. 1 de la pl. 17 représente une installation du système de M. Fragneau, à peu près semblable à celle de Barsac, si ce n'est qu'il y a deux cylindres desservis par les mêmes pompes.

Les fig. 2 et 3 montrent en détail l'un de ces cylindres, moitié en section longitudinale, et moitié, vu extérieurement, en section transversale.

On reconnaît sans peine par ces figures les dispositions décrites plus haut, c'est-à-dire que chacun des cylindres en fonte A et B est composé de deux tronçons montés chacun sur quatre petites roues *a*, qui peuvent glisser aisément sur des rails en fer *r*, disposés au-dessous à cet effet, de façon à pouvoir éloigner ces deux tronçons l'un de l'autre pour en effectuer de chaque côté le chargement; puis les rapprocher pour les réunir au moyen des boulons *b* (fig. 2), montés à charnières sur des oreilles venues de fonte avec l'un des côtés, et pénétrant dans des encoches dont l'autre côté est garni sur toute sa périphérie.

Entre les cylindres, comme on le voit sur la fig. 1, est disposé le bassin C contenant l'eau d'injection ; ce bassin, par une rigole transversale C', communique sous les deux cylindres pour recevoir le liquide non absorbé qu'ils contiennent encore lorsqu'on les ouvre après l'opération.

Le vide est fait dans les deux cylindres par la pompe pneumatique D avec laquelle ils communiquent par les deux tubes *d* et *d'*. Cette pompe est montée horizontalement sur un bâti en fonte D', qui reçoit les glissières de la tige du piston ainsi que l'arbre à manivelle lui transmettant le mouvement.

A cet effet, cet arbre est muni d'une roue d'engrenage commandée par un petit pignon calé sur un arbre intermédiaire *e*, lequel porte la poulie E. Celle-ci est actionnée par une poulie semblable E' fixée sur l'arbre F, qui porte la grande poulie F' commandée directement par la petite poulie *f* de l'arbre à manivelle de la machine à vapeur G.

Cette machine est montée sur sa chaudière G', et sa vitesse, qui est de 200 à 250 coups par minute, est réduite, pour les pistons de la pompe pneumatique, à 30 ou 35 coups dans le même temps, par suite des rapports qui existent entre les poulies *f*, F', le pignon calé sur l'arbre *e*, et la roue de l'arbre coudé de la pompe pneumatique. Ce même arbre commande les deux pompes *g* et *g'*, qui puisent l'eau dans le bassin C par les tuyaux *h*, et la refoulent par les deux tuyaux *h'* dans les cylindres d'injection. Ce bassin est alimenté par une petite pompe *i*, qui aspire l'eau dans un puits et la conduit par le tuyau H.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL LOCOMOBILE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 4 A 6 DE LA PL. 17.

L'appareil de M. Fragneau, bien que facilement transportable, exige encore une certaine installation pour le bassin, la transmission de mouvement, etc.; MM. Dorsett et Blythe ont cherché à rendre tout l'ensemble du système complétement locomobile, afin de pouvoir opérer sur place et immédiatement, sans montage ni démontage, en tel point d'une voie ferrée qu'il conviendra de conduire l'appareil.

Les dispositions qu'ils ont imaginées pour arriver à ce résultat se comprendront aisément à l'inspection de la pl. 17.

La fig. 4 est une élévation longitudinale de l'appareil tout monté.

La fig. 5 en est un plan vu en dessus, le couvercle du cylindre ouvert pour le chargement et une partie coupée laissant voir l'assemblage.

La fig. 6, une section transversale faite suivant la ligne 1-2 (fig. 4).

Le cylindre d'injection est d'une construction identique à celle adoptée par MM. Dorsett et Blythe pour les cylindres des chantiers fixes de Bordeaux, de Labouheyre et de Morcens. Il est composé d'anneaux en tôle de fer de 12 millimètres d'épaisseur, qui sont rivés bout à bout et recouverts à l'intérieur, comme nous l'avons dit, d'une couche de 1 millimètre de bitume raffiné et de gutta-percha, d'une lame de plomb de 2 mill. et enfin d'un doublage en bois de 4 cent. d'épaisseur.

Ce cylindre est divisé en deux tronçons A et A' : le premier, d'une longueur moyenne de 3 mètres, est fermé d'un bout par une calotte bombée, et à son autre extrémité complétement ouverte pour recevoir sur toute sa périphérie une suite de pièces *a*, fondues avec des oreilles. Entre ces dernières sont engagés des boulons filetés *a'*, aplatis d'un bout à cet effet, et traversés, ainsi que les oreilles, par des goujons, qui servent de centres de mouvement aux boulons pour leur permettre de tourner librement. Le second tronçon A', qui a 6 mètres de longueur, est ouvert par ses deux extrémités; du côté du premier tronçon, il est muni d'un collier en fonte *b*, avec rebord garni d'échancrures qui correspondent à la division des oreilles, afin de recevoir les boulons *a'* dont elles sont garnies, et qui sont destinées à opérer la réunion des deux tronçons. Le joint est fait au moyen d'étoupes suifées, introduites dans une gorge ménagée dans l'épaisseur du collier *b* (ainsi que l'indique la section fig. 5), et contre laquelle vient appuyer et se serrer le bord du tronçon A garni des pièces en fonte *a*.

Un même système d'assemblage et de garniture est appliqué à l'autre extrémité du tronçon A', muni des pièces à oreilles a^2 et des boulons a^3, qui viennent fermer le couvercle en fonte C dont le rebord porte des échancrures correspondantes. Pour faciliter la manœuvre

de ce couvercle, c'est-à-dire l'ouverture ou la fermeture du cylindre, il est suspendu par un fort boulon *c* à une potence D, qui peut tourner sur un pivot soutenu en dessous par la crapaudine *c'*, et maintenu en dessus par les tirants en fer D', boulonnés sur le cylindre (1).

Ainsi disposé, chaque tronçon de cylindre est fixé au moyen d'équerres en fer et de traverses en bois *d*, sur un châssis ou truck spécial E et E' monté sur quatre roues ordinaires F, avec ressorts de suspension F', ressorts de chocs *d'* et marche-pieds *e*, régnant de chaque côté, sur toute la longueur du châssis.

L'espace compris transversalement entre les roues est utilisé pour loger les caisses en bois G et G', destinées à contenir le liquide à injecter. Ces caisses sont suspendues aux châssis en bois des trucks par des colliers en fer *e'* convenablement espacés; les essieux des roues, qui naturellement doivent traverser les caisses, sont entourés de fourreaux en cuivre *f* (fig. 6), opérant une fermeture hermétique.

Chaque tronçon de cylindre est muni d'un fort robinet *f'* avec tube plongeur, qui permet d'effectuer une partie du remplissage aussitôt qu'on a cessé de faire le vide, comme aussi, après l'opération terminée, d'opérer la vidange. Les clefs de ces robinets sont manœuvrées à l'aide des leviers *g* placés sur le devant, à la disposition des ouvriers.

Une communication est établie entre les deux caisses réservoirs au moyen d'un tube élastique à ressort *g'*, semblable à ceux que l'on emploie pour relier les tenders avec les locomotives. Des robinets *h* permettent d'interrompre cette communication quand on désunit l'appareil pour effectuer le chargement des cylindres. Le truck qui supporte le tronçon le plus court A reçoit, en outre, sur son plancher *h'*, la plaque d'assise H, sur laquelle sont boulonnés les divers organes qui constituent l'appareil de la pompe pneumatique, des pompes foulantes et de leur moteur.

Le générateur de vapeur H' est lui-même fixé sur cette plaque; il alimente le cylindre vertical I, au-dessus duquel est disposé l'arbre à double manivelle *i*, destiné à transmettre le mouvement aux pistons des pompes.

Cet arbre est en deux pièces, reliées par un manchon d'embrayage à griffes que l'on manœuvre à l'aide du long levier *i'*; il est supporté à ses extrémités par les bâtis verticaux en fonte I', et vers le milieu, près du manchon à griffes, par les deux paliers *j* et *j'* boulonnés sur la chaudière.

La pompe à air *k* est commandée par la deuxième manivelle de l'arbre *i*, et les deux pompes foulantes *l* et *l'* par les excentriques *k'*.

Les pompes *l* et *l'* aspirent l'eau dans les caisses G et G' et la refoulent dans le cylindre par le tuyau L (fig. 5), qui vient se boulonner sur une bride disposée à cet effet sur la boîte en fonte de la soupape de sûreté K.

(1) Une disposition analogue a été appliquée aux chaudières de vulcanisation du caoutchouc, que nous avons données dans le vol. x.

Ce même tuyau sert aussi à faire communiquer la pompe à air avec le cylindre; il suffit dans l'un ou l'autre cas d'ouvrir ou de fermer dans l'ordre convenable les robinets *m* ou *m'* (fig. 5), qui établissent la communication entre ce tuyau et les petits récipients M et M' servant de relais pour régulariser, sous l'impulsion des pistons, les mouvements de l'air et de l'eau dans le tube de communication.

Service et fonction de l'appareil. — Le service de cet appareil est aussi simple et aussi facile que celui des appareils fixes précédemment décrits, et son fonctionnement est exactement le même. Ainsi, lorsqu'il est tout monté, comme le représente la fig. 4, on peut le supposer chargé de traverses et les pompes faisant le vide ou la pression; seulement, dans ce cas, la cheminée N est relevée verticalement. Pour sa translation sur la voie, la cheminée est couchée, et les boulons *a'* qui relient les deux tronçons sont dégagés des oreilles des colliers *b*, afin de permettre l'articulation des deux trucks dans les courbes.

Arrivé sur la ligne de garage où l'on doit installer le chantier, on désunit les deux trucks, en dévissant leur chaîne d'attelage, et la chaudière H' étant en vapeur et les deux réservoirs G et G' remplis de liquide antiseptique, on commence le chargement des traverses, lequel se fait à la fois dans le petit tronçon A, et simultanément par les extrémités du grand tronçon A', dont le couvercle C est maintenu complétement ouvert dans la position indiquée fig. 5. On introduit ainsi 140 traverses sur 3 longueurs; puis on ramène les deux trucks l'un contre l'autre, on fait le joint à l'aide d'étoupes suifées et on serre les boulons *a'*. On ferme le couvercle C de la même manière et on commence le vide; l'emplissage se fait ensuite en ouvrant les robinets *f'*, puis la pression par les pompes foulantes. L'opération terminée, le déchargement s'effectue, après l'ouverture du couvercle et la désunion des deux tronçons du cylindre, que l'on éloigne l'un de l'autre à une distance convenable pour n'amener aucune gêne dans le service.

RÉSUMÉ.

On voit, par tout ce qui précède, ajoute M. Manès, dont nous avons suivi religieusement l'intéressant mémoire, que le procédé de l'injection en vase clos, quel que soit le mode suivi, n'a pas seulement sur le procédé Boucherie l'avantage de préparer les bois en toutes saisons et en tous lieux, mais qu'il offre encore celui d'être beaucoup plus rapide et de convenir beaucoup mieux sous ce rapport à une industrie appelée à satisfaire dans un bref délai à d'importantes commandes. Il est aussi beaucoup moins coûteux, en raison de l'économie sur la main-d'œuvre résultant de la plus grande production journalière, de la moindre proportion relative des frais généraux, ainsi que des intérêts et de l'amortissement du capital engagé. Quant à la consommation du sulfate, elle est à peu près la même dans les deux modes, la quantité employée en excédant dans le procédé à vase clos étant compensée par celle employée en pure perte dans le procédé Bou-

cherie. En somme, on peut compter que le premier de ces procédés réalise moyennement sur le second une économie de 40 p. 100.

Nous ne nous attacherons pas à donner ici, pour les trois modes d'injection en vase clos ci-dessus décrits, les prix de revient détaillés du mètre cube de bois injecté, attendu que ces prix sont susceptibles de varier très-sensiblement, suivant que l'injecteur prend à sa charge ou laisse à la charge des Compagnies pour lesquelles il opère, les manutentions de déchargement des wagons ou charrettes à l'arrivée des bois dans les chantiers d'injection, et ceux de rechargement des mêmes véhicules à la sortie des bois préparés lors de leur expédition; suivant l'état de dessiccation de ces bois au moment de les soumettre à l'injection, et le salaire des ouvriers qu'on emploie à cette préparation; suivant le plus ou moins d'opérations que permet de faire la durée des jours changeant avec les saisons; suivant enfin la dépense du combustible consommé par la machine, et l'importance des frais d'installation du chantier.

Les différents prix de revient donnés par les diverses personnes qui ont étudié le procédé Fleury montrent bien en effet le peu d'importance que l'on doit attacher aux calculs qui peuvent être présentés à ce sujet; ainsi, tandis que M. Fleury estime à 6 fr. 29 c. seulement par mètre cube le prix de la préparation des traverses par son procédé, M. Ricour, ingénieur des ponts et chaussées, établit ce même prix à 7 fr.; M. Richoux, ingénieur des chemins de fer du Midi, l'évalue à 8 fr., et M. Vésignié, ingénieur de la marine, le porte à 8 fr. 71 c.

Nous ferons d'ailleurs observer qu'après les renseignements qui ont déjà été publiés, et ceux qui sont donnés ici concernant l'injection en vase clos, il sera facile à chaque Compagnie d'établir, en raison des conditions par elle imposées, un prix de préparation qui, en laissant au préparateur une légitime rémunération, ne s'écarte pas trop du véritable prix de revient.

Nous nous bornerons à présenter, quant aux trois modes suivis, les considérations générales suivantes : c'est, d'une part, que des divers éléments qui entrent dans leurs prix de revient, le sulfate de cuivre est le seul dont la proportion soit la même; cette proportion équivalant d'ailleurs, suivant la valeur de cette matière, aux sept à huit dixièmes de la dépense totale, on voit quel intérêt on aurait à remplacer le sulfate de cuivre par une substance moins chère; c'est, d'autre part, que les frais de chargement et de déchargement des cylindres sont les moindres dans le système Fleury, mais que les autres frais, ceux de conduite de machine et de capital, y sont beaucoup plus élevés.

Nous ajouterons encore sur ce point :

Qu'alors que la préparation des traverses par le procédé Boucherie était payée par les Compagnies au prix moyen de 1 fr. 50 c. la pièce, la préparation des mêmes bois en vase clos se paie actuellement de 85 c. à 1 fr. 20 c., suivant les chantiers et les conditions à remplir.

La dernière question qui nous reste à examiner est celle de savoir si le procédé en vase clos donne de meilleurs résultats que le procédé Boucherie, s'il produit une pénétration plus complète et plus uniforme, et si la durée des bois auxquels il a été appliqué est réellement plus grande.

On a fait valoir en faveur du procédé Boucherie que, s'appliquant à des bois verts, le sulfate s'y fixe facilement en formant avec ses principes azotés des combinaisons inaltérables, tandis qu'on a fait observer qu'il n'était pas prouvé que les principes albumineux des bois secs qui sont traités en vase clos n'aient pas

éprouvé dans la dessiccation des modifications qui rendent plus ou moins difficile leur combinaison avec ce sel, qui resterait simplement interposé dans les fibres du bois. Mais, d'un autre côté, il est certain que dans le procédé Boucherie la dissolution, employée sous une faible pression et à froid, suit en quelque sorte des voies d'élection; qu'elle chasse devant elle une partie seulement de la séve, et que le sulfate de cuivre qu'elle contient ne s'y combine lui-même qu'avec une portion des matières non éliminées; tandis que, dans le procédé en vase clos, toutes les matières séveuses non volatiles restant dans le bois, et la dissolution chaude allant sous une forte pression les chercher partout où elles se sont déposées, les bois retiennent une plus grande quantité de sulfate combiné, qui les imprègne plus uniformément et résiste parfaitement aux lavages.

Quant à la durée des bois préparés par l'un et l'autre procédé, la préférence généralement accordée jusqu'ici par l'État aux poteaux préparés par le procédé Boucherie pourrait faire croire que, nonobstant l'insuffisante combinaison du sel antiseptique avec la matière albumineuse, ils ont été trouvés résister plus longtemps à la décomposition que ceux préparés en vase clos; mais nous pensons que le grand emploi que l'on fait des premiers tient plutôt à des habitudes prises qu'à la constatation qui aurait été faite de leur véritable supériorité; et ce qui nous le prouve, c'est l'emploi chaque jour croissant du vase clos pour la préparation des poteaux destinés à d'autres pays que la France, ainsi qu'à diverses Compagnies de chemins de fer. Tout bien considéré, nous croyons que les bois préparés par l'une et l'autre méthode d'injection peuvent également bien se conserver, si les opérations y ont été conduites avec tout le soin convenable et qu'elles se complètent d'une manière fort heureuse, l'une d'elles convenant à la préparation des bois verts et en grume, l'autre à la préparation des bois secs et débités.

En résumé, dans les landes de Gascogne, l'injection des bois au sulfate de cuivre reçoit trois grandes applications qui se divisent ainsi entre les trois procédés d'injection dont la pratique s'y est maintenue jusqu'à ce jour :

1° Les échalas et tuteurs se préparent uniquement par le procédé de l'aspiration; 2° les poteaux télégraphiques se préparent concurremment par les procédés de la filtration et du vase clos; 3° les traverses de chemins de fer se préparent uniquement par le procédé du vase clos.

L'importance de ces diverses préparations ressort du relevé suivant des quantités de bois qui y sont passées annuellement.

On injecte actuellement dans l'ensemble des chantiers du pays :

1° 300 à 400 milliers d'échalas et tuteurs, dont la durée est plus que doublée par la préparation, et qui, au prix moyen de 100 fr. par millier, procurent une économie de 30 à 40,000 fr.; 2° 50 milliers de poteaux télégraphiques, lesquels coûtant 10 fr. au lieu de 15 fr. qu'ils auraient coûtés en chêne, et ayant une durée double, donnent une économie d'un million de francs; 3° 1,300 milliers de traverses de chemins de fer, qui reviennent toutes préparées à 3 fr. au plus, et qui remplacent des traverses en chêne dont le prix avec une aussi forte consommation ne serait pas moindre de 6 fr., d'où une économie pour les Compagnies de 3,900,000 fr., sans tenir compte du plus de durée.

C'est, en somme, environ 130,000 mètres cubes de bois qui, dans les landes, sont soumis annuellement à l'injection, et l'économie dont cette préparation fait bénéficier la société ne peut être estimée à moins de 5 millions de francs par an.

MACHINE

A FABRIQUER LES RIVETS

SYSTÈME A POINÇON VERTICAL ET A PORTE-MATRICES TOURNANT

Par MM. ERNEST GOUIN et Ce, constructeurs à Paris

(PLANCHE 18)

Des machines spéciales ont maintenant remplacé avec avantage les procédés manuels, quoique simples et expéditifs, employés pendant longtemps pour la fabrication des rivets. Déjà en 1846, dans le vol. V de ce Recueil, nous constations cette tendance, devenue générale pour toutes les industries, en publiant une des bonnes machines d'alors, inventée et importée en France par M. Haley, ingénieur anglais. Depuis l'apparition de cette machine qui fonctionnait à Paris, chez MM. Warral, Middleton et Elwell (aujourd'hui la maison Warrall, Elwell et Poulot), un grand nombre d'appareils analogues ont été appliqués ; les uns reposent sur le principe des machines à clous (1) qui fonctionnent d'une manière continue en coupant le fer présenté sans interruption à des cisailles, puis aussitôt à un poinçon qui forme la tête (2) ; les autres ne font que l'une de ces deux opérations, c'est-à-dire que la verge de fer est coupée à froid ou à chaud en bouts de longueur voulue, que chaque bout est porté dans un four à réchauffer (3), puis présenté rouge à la machine qui, en comprimant le métal, forme la tête du rivet.

Ce sont ces dernières machines que l'on adopte le plus généralement pour forger les rivets de 6 à 25 millimètres de diamètre. Plusieurs systèmes sont en usage, nous en avons fait connaître quelques-

(1) Dans le vol. II nous avons donné le dessin et la description d'une bonne machine de ce genre.

(2) On trouvera le dessin d'une de ces machines dans le vol. Ier du *Génie Industriel*, mais ce système très-expéditif ne peut être employé que pour des rivets de petites dimensions dont la tête se frappe à froid.

(3) On fait usage à cet effet de petits fours à réverbère. Dans le vol. XXIII du *Génie Industriel* nous avons donné le dessin d'un four très-simple et peu dispendieux pour chauffer les rivets, dû à M. Henry, de Naples, et qui donne, suivant l'auteur, de très-bons résultats.

uns : celui de M. Collenot, fabricant à Saint-Dizier, publié dans le vol. VIII du *Génie Industriel,* et la machine plus récente de M. Lambert, constructeur à Vuillafans, décrite et dessinée dans le vol. XX du même Recueil.

Dans ces deux machines, qui diffèrent de construction, surtout en ce qui concerne la commande des poinçons, les petites tiges de fer coupées de longueur et destinées à former les rivets sont portées une à une en sortant du four à réchauffer, et placées verticalement dans une matrice ajustée sur un établi fixe disposé au-dessous du poinçon. Une fois la tête du rivet frappée, une tige, qui pénètre dans un trou pratiqué au centre de la matrice, soulève le rivet, que l'on enlève au moyen d'une pince pour le remplacer aussitôt par une nouvelle tige chauffée au rouge, destinée à recevoir également l'empreinte du poinçon.

Pour éviter, en partie, les pertes de temps que le placement de la tige dans la matrice, puis son enlèvement après le frappage de la tête exigent, et qui, par suite, obligent à limiter les pulsations du mouvement alternatif du poinçon, plusieurs constructeurs ont cherché des dispositions qui permissent une sorte d'alimentation continue. Nous citerons particulièrement M. Ch. De Bergue, constructeur anglais, et en France MM. E. Gouin et Ce, dont la machine est représentée pl. 18.

Ces habiles constructeurs ont résolu le problème par une combinaison analogue en principe, mais tout à fait différente comme construction ; ainsi tous deux ont adopté le système d'un porte-matrices tournant, combiné avec un poinçon à mouvement alternatif. Dans la disposition adoptée par M. De Bergue, le porte-matrices est disposé à l'extrémité d'un arbre horizontal, et le poinçon qui forme la tête est commandé par une manivelle agissant dans une direction oblique. On peut, du reste, pour plus de détails, voir le dessin que nous avons récemment donné de cet outil dans le *Génie Industriel.*

La machine de MM. Gouin et Ce, d'une construction peut-être plus dispendieuse que la précédente, paraît, par contre, présenter plus de solidité, et son service doit être aussi plus commode, en ce que le porte-matrices étant monté sur un axe vertical, l'introduction des tiges destinées à la confection des rivets peut se faire plus aisément et plus rapidement.

La description détaillée que nous allons donner de cette dernière machine, représentée dans ses principaux détails pl. 18, permettra aisément de se rendre compte de sa construction et d'apprécier les services qu'elle peut rendre, appliquée à une fabrication continue dans un grand établissement de chaudronnerie ou chez un fabricant spécial de rivets, de boulons et d'écrous.

La fig. 1 représente cette machine en section verticale, faite par l'axe de la transmission de mouvement et du porte-matrices.

La fig. 2 en est une vue de face extérieure. La fig. 3 est un détail à une échelle agrandie du poinçon qui frappe la tête du rivet.

La fig. 4 fait voir en plan la disposition de l'encliquetage qui produit la rotation intermittente du porte-matrices.

Les fig. 5 et 6 représentent, en sections verticale et horizontale, le mécanisme de la cisaille appliquée latéralement sur le bâti de la machine.

BATI ET TRANSMISSION. — Le bâti, fondu d'une seule pièce, est formé des deux montants verticaux A, réunis, du côté qui reçoit la cisaille, par la cloison A'; l'autre côté est ouvert et une forte nervure (indiquée en traits ponctués) relie la tête du montant de face avec la plaque d'assise. Le montant d'arrière est consolidé par un fort appendice A^2, venu de fonte, et disposé pour supporter le palier B de l'arbre intermédiaire *b* qui reçoit la commande. Cet arbre maintenu, en outre, par une longue douille en bronze *b'* logée dans le mamelon *a* fondu avec le bâti, reçoit à son extrémité le volant régulateur C et la poulie motrice C' fondue avec son moyeu. Entre ces deux supports est claveté le pignon *d* qui commande la grande roue dentée D, ajustée à frottement sur le bout de l'arbre principal de transmission E.

Le moyeu de cette roue est garni d'entailles destinées à recevoir les griffes d'un manchon d'embrayage D' claveté sur l'arbre, de telle sorte que la roue peut tourner indépendante sans son pignon quand les dents du manchon ne sont pas engagées dans son moyeu, et, contrairement, elle entraîne l'arbre quand le manchon est embrayé.

Ce double effet est obtenu à la volonté de l'ouvrier, au moyen d'un levier à navette E (indiqué en lignes ponctuées, fig. 1) qui, par une petite bielle E', actionne la fourchette *e'*, dont les branches munies de goujons pénètrent dans une gorge ménagée à la circonférence du manchon.

L'arbre E, en mouvement, actionne, au moyen d'excentriques, tous les organes de la machine : 1° le poinçon qui frappe la tête du rivet; 2° l'encliquetage qui fait tourner le porte-matrices; 3° le levier qui soulève les bonshommes destinés à soulever les rivets au dehors des matrices; 4° la camme qui commande la cisaille.

POINÇON FRAPPEUR. — Sur le devant de la machine, l'arbre E est forgé avec une saillie qui désaffleure le palier et qui est tournée excentriquement par rapport à l'axe, de façon à former un bouton de manivelle, d'une faible course, destiné à recevoir la courte bielle en fer F, reliée par l'articulation *f* au porte-poinçon F'. Pour assurer la verticalité du va-et-vient communiqué au porte-poinçon, celui-ci est guidé par la face même du bâti, qui forme la moitié d'une douille parfaitement alésée et dont l'autre moitié n'est autre que le chapeau G fixé au moyen des vis *g*.

La tête du porte-poinçon est forgée avec un appendice dirigé du côté du bâti pour recevoir un goujon *h* (fig. 1 et 3), et s'engager dans une glissière *h'* formée par une saillie ménagée à la fonte au bâti. Le goujon est destiné à pénétrer alternativement dans chacune des ouvertures *i* pratiquées à la circonférence du plateau tournant H, vis-à-vis chaque matrice, afin d'assurer à la fois la fixité du plateau et la position de la

matrice dans l'axe du poinçon. La glissière formée par la saillie h' est nécessaire pour guider le porte-poinçon, et l'empêcher de tourner lorsqu'il descend pour frapper la tête du rivet.

Le poinçon qui frappe cette tête est en acier, et est retenu par une vis i' (fig. 3) à l'intérieur du mandrin I, rapporté dans la tête du porte-poinçon. Ce mandrin est fixé à celui-ci par une clavette et son milieu est creusé d'un canal dans lequel débouche, par un conduit perpendiculaire, un petit tuyau I', qui amène constamment un petit jet d'eau froide sur la matrice, près du poinçon, pour éviter leur échauffement.

MOUVEMENT DU PORTE-MATRICES. — Le plateau porte-matrices H est fondu avec une embase tournée en dessous pour s'ajuster et pouvoir tourner librement dans une gorge annulaire pratiquée dans la couronne en fonte J, boulonnée sur le support J'. Ce support n'est pas fixé au bâti A, mais seulement ajusté de manière à glisser verticalement sur la face de devant en emboîtant les côtés, qui sont dressés pour retenir le support tout en lui permettant au besoin de se mouvoir.

A cet effet, il repose sur la tête d'un long levier en fer K, auquel il est relié par deux boulons j, qui sont à écrous sans serrage, afin de permettre au levier d'osciller sur sa chape K' à laquelle il est suspendu par une double articulation K^2. Le grand bras de ce levier reçoit, à une longueur de $2^m,730$ de son centre de mouvement, dans une caisse renfermée dans une fosse, un poids de 350 à 400 kilogrammes qui peut faire équilibre à un poids de 25,000 kilogrammes environ, poids sensiblement supérieur à celui du support et du porte-matrices.

Pour limiter la hauteur verticale de celui-ci, par rapport au poinçon qui frappe la tête du rivet, l'amplitude d'action du levier est limitée et réglée au moyen de la chape k (fig. 1) suspendue par un boulon, dont on fait varier la hauteur à volonté au moyen d'un écrou k', qui appuie sur un renflement venu de fonte avec la face arrière du bâti.

Ce mode de suspension du plateau porte-matrices a pour but, comme on l'a déjà compris sans doute, de lui donner une certaine élasticité sous le choc du poinçon frappeur, c'est-à-dire de permettre à son support de glisser un peu contre la paroi verticale du bâti sous la pression, afin d'éviter toute chance de rupture, en soulevant le poids suspendu à l'extrémité du levier K.

Le plateau H est disposé pour recevoir huit matrices i^2, qui ne sont autres que des petits cylindres en fonte ou en fer percés au centre pour y loger les tiges de fer coupées de longueur destinées à la confection des rivets. Ces petits cylindres sont tournés à un diamètre extérieur égal à celui intérieur des ouvertures pratiquées dans le plateau pour les recevoir, et dans lesquelles ils sont retenus par les vis de serrage j', engagées dans des mamelons venus de fonte à la circonférence du plateau.

Pour que celui-ci puisse présenter alternativement chacune de ses matrices à l'action du poinçon, il faut qu'à chaque mouvement de va-et-

rient de ce poinçon il tourne sur son support d'un huitième de tour.

Ce mouvement de rotation intermittent est obtenu au moyen d'un encliquetage commandé par l'arbre principal E. A cet effet, sur cet arbre est calé un excentrique L, entouré par un collier dont la tige L′ est reliée par un boulon *l* à la branche horizontale d'un double levier M. La branche verticale M′ de ce levier commande le double cliquet *m* (fig. 1, 2 et 4) par l'intermédiaire de la bielle méplate N et du lien articulé *m′*.

L'axe de mouvement de ce cliquet est supporté par les deux branches horizontales d'une douille *n*, ajustée à frottement doux sur l'arbre en fer N′ qui sert d'axe de rotation au plateau H′.

Pour maintenir le cliquet double *m* engagé dans les dents des deux roues à rochets N′, un ressort à boudin est logé dans un petit renflement *n′* (fig. 4) forgé avec les branches de la douille *n*.

Il résulte de ces dispositions qu'à chaque révolution de l'arbre de transmission E, le levier à deux branches M, M′ oscille en tirant la bielle N, laquelle, à son tour, entraîne le double cliquet *m*, et celui-ci, simultanément, les deux roues à rochet N′, calées sur l'arbre H′ du porte-matrices. Ce dernier tourne alors d'une quantité égale à l'amplitude des mouvements du cliquet, amplitude qui correspond à une des dents des roues à rochet, lesquelles dents sont au nombre de huit comme celui des matrices.

Soulèvement des bonshommes. — Quand le poinçon *e* frappe la tête de la tige de fer qui sert à la confection du rivet et que le plateau porte-matrices a tourné d'un huitième de tour, pour présenter une nouvelle tige à son action, il est nécessaire de soulever hors de la matrice le rivet achevé, afin de pouvoir l'en retirer aisément. Cette opération s'exécute automatiquement au moyen des petites tiges en fer à embases *o*, nommées *bonshommes*, placée dans l'axe des matrices et qui sont soulevées en temps opportun par un levier O (indiqué partie en ponctuées fig. 1), commandé par l'excentrique O′ claveté sur l'arbre principal E.

Ce levier, assemblé à rotule avec la tige P reliée au collier de l'excentrique, est contourné pour éviter l'encliquetage, et il oscille sur un fort goujon implanté dans la nervure latérale de gauche du bâti, de sorte qu'après avoir dégagé, au moyen d'une double ondulation étagée, le rivet qui vient de recevoir l'action immédiate du poinçon, il soulève le rivet dont la tête a été précédemment frappée, à une hauteur suffisante pour que l'enfant chargé de ce soin puisse, sans difficulté aucune, le retirer à l'aide d'une pince dont il est armé.

De la cisaille et de sa commande. — Pour compléter la machine, les constructeurs lui ont adjoint une petite cisaille à guillotine, au moyen de laquelle on coupe le fer de la longueur convenable pour obtenir des rivets de dimensions déterminées.

Cette cisaille, appliquée contre la paroi latérale de droite du bâti, reçoit le mouvement d'une camme à deux saillies R (fig. 1 et 5) cla-

vetée sur l'arbre E, et qui agit sur un galet r monté dans la fourche de l'un des bras du levier à trois branches R'. Le second bras de ce levier est relié au porte-couteau r' de la cisaille par une courte bielle méplate articulée S, et le troisième bras reçoit, suspendu par une tige p, le contre-poids p' destiné à rappeler le galet r, afin de le maintenir constamment en contact avec la camme R. Le contre-poids est creux, afin de permettre d'ajouter, au besoin, une nouvelle charge pour assurer la manœuvre du couteau. La rectitude du mouvement de va-et-vient de ce couteau est obtenue par son assemblage dans une coulisse à queue d'hirondelle s (fig. 6), ajustée à l'intérieur de la pièce en fonte T boulonnée au bâti. Cette pièce est munie de la lame fixe de la cisaille et sert de guide aux tiges à couper que l'on introduit à cet effet dans l'une ou l'autre des quatre ouvertures s', de diamètres variables, et en rapport avec les fers qui servent à la fabrication des rivets.

Travail de la machine. — Les détails qui précèdent doivent avoir fait comprendre le fonctionnement et le service de cette machine, dont tous les mouvements sont dépendants de l'arbre horizontal E, qui le reçoit, par l'intermédiaire de la grande roue D et de son pignon d, de l'arbre b muni de la poulie motrice et du volant régulateur. Cet arbre est animé d'une vitesse de 150 à 200 révolutions par minute, et comme le pignon d est dans le rapport de 1 à 6 avec la roue D, l'arbre de cette dernière ne fait plus que 25 à 30 révolutions dans le même temps.

Or, comme à chaque révolution de cet arbre le poinçon frappe une tête de rivet, on peut donc compter sur une production d'environ

$$25 \times 60 = 1500 \text{ rivets par heure,}$$

et en moyenne, avec les pertes de temps,

de 12,000 à 15,000 rivets par journée de 10 heures de travail.

Ce chiffre peut être, du reste, aisément augmenté ou diminué à volonté suivant les besoins de la fabrication, en changeant la vitesse de régime de l'arbre de transmission du mouvement.

En effet, pour les rivets de petites dimensions, de 10 ou 12 millimètres par exemple, on peut sans crainte augmenter la vitesse; tandis que pour les rivets de 20, 25 ou 30 millimètres de diamètre, on doit a ralentir, afin d'absorber moins de force et de ne pas trop fatiguer les organes travailleurs de la machine.

CHAUFFAGE

DES CHAUDIÈRES A VAPEUR

AVEC LA SCIURE DE BOIS DES SCIERIES MÉCANIQUES

Pendant longtemps la sciure de bois a été regardée comme un combustible trop inférieur pour être utilisé avec quelque avantage, et on préférait, dans la plupart des scieries mécaniques, qui en produisaient des quantités considérables, la jeter ou la laisser perdre que de chercher à la brûler.

A Paris, où tous les combustibles sont chers, on a été plus clairvoyant et plus économe; les industriels qui ont monté des scieries de différents genres, soit pour découper le bois en grume, en madriers ou en planches, soit pour débiter des bois minces ou des feuilles de placage, ayant été obligés, pour la plupart, d'appliquer, comme moteurs, des machines à vapeur, ont compris qu'il fallait trouver le moyen de tirer profit de leur sciure.

Mais les foyers de leurs générateurs étant généralement construits pour brûler de la houille, on obtenait réellement peu de résultat en y mettant de la sciure.

On comprend, en effet, qu'une matière aussi légère et aussi divisée devait, par le tirage même du fourneau exigé pour la houille, s'échapper très-rapidement dans la cheminée, sans produire d'action utile.

Il faut évidemment, pour qu'elle puisse être brûlée avec profit, que sa combustion soit très-lente, et pour cela que le tirage soit faible; à cet effet, le cendrier doit être presque constamment fermé, afin de laisser pénétrer une petite quantité d'air dans le foyer, proportionnellement au volume nécessaire pour la houille; il faut aussi, par conséquent, que le registre qui sert à interrompre la communication avec la cheminée d'appel soit très-peu levé.

Un ingénieur distingué, M. Krafft, de Strasbourg, dont nous avons eu l'occasion de publier divers travaux, a proposé, il y a sept à huit ans, un système de fourneau sans grille, au moyen duquel on peut ainsi brûler des menus combustibles, tels que la tannée, les copeaux et la sciure de bois. Cet appareil, que nous avons publié avec détail dans le 15e volume du *Génie Industriel*, a été appliqué par l'auteur, avec succès, dans plusieurs établissements d'Alsace, entre autres chez MM. Dietrich, construc-

teurs de machines à Reichshoffen, et chez MM. André et Bertrand, à Strasbourg.

D'après les expériences faites, dès l'origine, dans ces établissements, M. Krafft a constaté que 1 kilogramme de sciure et de copeaux, mélangés à peu près dans la proportion de 2 à 1, a vaporisé 3 kilogrammes d'eau, soit environ la moitié des résultats que l'on obtient habituellement avec de la houille ordinaire. Il est vrai de dire que l'on compte alors que ces matières ont été préalablement séchées, et sont presque entièrement privées d'eau quand on les jette dans le foyer.

Nous avons remarqué qu'à Paris les établissements qui possèdent des scieries et des machines à raboter le bois n'ont pas de foyers spéciaux pour consommer leurs menus combustibles. Seulement ils ont eu le soin de les faire disposer de façon à ce que les surfaces de chauffe fussent beaucoup plus grandes, et par suite, les grilles plus étendues comparativement à celles des fourneaux dans lesquels on ne brûle que de la houille; de plus, les barreaux sont très-rapprochés, ce qui donne proportionnellement moins de vide; ainsi, l'écartement laissé entre chacun d'eux n'est pas de plus de 5 à 6 millimètres. Le devant du fourneau est presque complétement fermé pendant la combustion; à cet effet, des portes en tôle sont placées sur la hauteur qui est ménagée ordinairement pour le cendrier, et on ne les ouvre que très-rarement. Il en est de même du registre de la cheminée, que l'on tient presque totalement baissé. De cette sorte on marche à combustion très-lente; les sciures comme les copeaux forment un feu concentré, et ne s'échappent pas dans la cheminée sans être entièrement brûlés. Les gaz chauds circulent dans les carneaux sans une très-grande vitesse, et peuvent transmettre la plus grande partie de leur calorique aux parois de la chaudière qu'ils lèchent dans tout leur parcours.

C'est ainsi que chez M. Quétel-Trémois, à la Villette, nous avons vu disposé le générateur à vapeur, lequel est établi pour alimenter une machine à balancier et à deux cylindres, du système Woolff, construite par M. Lacroix, de Rouen, pour la force nominale de 20 chevaux (1). Le plus souvent on n'y brûle que de la sciure et des copeaux, quelquefois on ajoute du menu charbon.

Cette chaudière est à deux bouilleurs et a les dimensions suivantes:

CORPS DE CHAUDIÈRE.

Longueur	9 mètres.
Diamètre.	1m,00.

(1) Ce système de machine, qui est appliqué avec succès dans plusieurs contrées de la France et ailleurs, a été décrit avec beaucoup de détails et suivant les dispositions différentes qu'il peut prendre dans le 2e volume du *Traité des moteurs à vapeur*, que nous avons publié récemment.

BOUILLEURS.

Longueur. . . . . 9 mètres.
Diamètre. . . . . $0^m,55$.

D'après la formule que nous avons donnée dans notre *Traité théorique et pratique des moteurs à vapeur*, au sujet des dimensions principales des générateurs à bouilleurs, laquelle formule, en désignant par

S, la surface de chauffe en mètres carrés;
D, le diamètre de la chaudière en mètres;
d, celui des bouilleurs;
L, leur longueur respective,

devient, pour une chaudière à deux bouilleurs, en comptant comme surface de chauffe la moitié de la surface totale du corps de la chaudière et les 3/4 de celle des bouilleurs,

$$S = \frac{L}{2}\pi\,(D + 3d)$$

On a, en remplaçant les lettres par les données précédentes,

$$S = \frac{9}{2} \times 3,14\,(1^m00 + 3 \times 0,55) = 4,50 \times 3,14 \times 2,65,$$

$$\text{et par suite } S = 37^{m.q.}44$$

ou près de 1,80 mètres carrés par force de cheval nominal.

Or, on admet généralement qu'une chaudière cylindrique à bouilleurs, chauffée dans les conditions ordinaires, avec de la houille, peut vaporiser 12 kilog. d'eau par heure et par mètre carré de surface de chauffe; il en résulte que la chaudière de M. Quétel-Trémois serait capable de produire par heure

$$37,44 \times 12 = 449 \text{ kilog. de vapeur,}$$

si elle n'était alimentée que par de la houille; elle pourrait par suite largement suffire à une puissance de 40 chevaux, une machine du système de Woolff, en bon état d'entretien, ne devant pas dépasser deux kilogr. de charbon par heure et par cheval.

En ne brûlant que des copeaux et de la sciure, cette chaudière suffit encore, suivant M. Quétel, à la machine de 20 chevaux qui actionne toute l'usine. On peut admettre, en effet, que la production de vapeur, avec ce combustible, doit être de 220 à 225 kilogr. par heure, et que la machine en bon état d'entretien ne consomme pas plus de 10 à 11 kilogr. par cheval.

Les dimensions de la grille du foyer sont environ de 1^m70 sur 0^m90,

$$\text{soit } 1^m70 \times 0^m90 = 1^{m.q.}530,$$

ou les 41/1000 de la surface de chauffe.

Nous avons vu que l'on donne habituellement aux grilles des foyers qui ne brûlent que de la houille les 4/100 de la surface de chauffe, ce qui correspond à une consommation de 0k5 de combustible par heure et par décimètre carré.

Les barreaux de cette grille sont très-rapprochés, leur écartement est à peine de 5 millimètres, et leur épaisseur, à la surface dressée qui reçoit le combustible, est de 25 millimètres, de sorte que le rapport entre la section du vide et de la surface totale n'est que de 1/6. Les portes qui ferment le devant du cendrier ne descendent pas jusqu'au sol; à la partie inférieure est une espèce de clapet qui occupe toute la largeur en oscillant horizontalement, afin de présenter une ouverture aussi large que le cendrier, mais de peu de hauteur.

Lorsque son établissement est en pleine activité, M. Quétel-Trémois produit assez de copeaux et de sciure pour alimenter très-largement le fourneau et engendrer une quantité de vapeur telle qu'elle suffit grandement à la marche régulière de la machine.

Il en est de même, du reste, à la grande scierie de MM. Legendre, à Grenelle et à celle de M. Trémois à Passy. Ces deux établissements, qui sont montés sur une vaste échelle et sont meublés d'un grand nombre de scies mécaniques, soit pour le débitage des bois de toute espèce, soit pour la fabrication des parquets et des frises, ne brûlent jamais de la houille dans les foyers de leurs générateurs. Ils sont exclusivement alimentés par de la sciure et des copeaux, mais ceux-ci sont comparativement en très-petite quantité.

Depuis longtemps déjà nous avions vu cette application dans les scieries de MM. Legendarme frères et de MM. Cochot, au faubourg Saint-Antoine. Aussi, aujourd'hui, il n'est plus d'établissement de ce genre, ayant pour moteur une machine à vapeur, qui ne doive s'alimenter autrement qu'avec les déchets, les résidus de leurs usines.

Toutes les sciures ne donnent pas, à poids égal, le même degré de chaleur; celle-ci diffère assez sensiblement selon les essences de bois. Ainsi, la sciure provenant des sapins rouges, par exemple, produit plus de calorique que celle des sapins blancs, parce que ces derniers sont moins résineux que les premiers. Mais comme en définitive on travaille dans la même scierie des bois de différentes espèces, les sciures ainsi que les copeaux et autres déchets sont généralement mélangés; on peut admettre, avec les personnes qui se sont occupées de cette question, que lorsque ces matières sont employées bien sèches, elles sont capables de vaporiser, comme M. Krafft l'a obtenu, 3 kilogr. d'eau par heure et par kilogr. de sciure.

Ces résultats sont en rapport, du reste, avec les expériences qui ont été faites par divers expérimentateurs sur le pouvoir calorifique des différents combustibles en usage, expériences que nous avons relatées dans les notions préliminaires du 1er volume de notre *Traité des moteurs à*

vapeur. On a vu, en effet, par le tableau indiqué page 50, que le kilogramme de bois sec est capable de fournir 3,700 calories, et même, suivant certains auteurs, jusqu'à 3,995, quand il est desséché à 150 degrés, et qu'un kilogramme de houille peut en donner 7,600 à 7,800, soit environ le double. Il est vrai que lorsque le bois contient 30 p. 100 d'eau, il ne donne plus que 2,605 calories; cependant dans ce dernier cas, il serait encore préférable à la tannée dont la puissance calorifique n'est que de 2,260; et dans le premier, il est supérieur à la tourbe qui compte pour 3,132 à 3,600 calories, suivant son degré de dessiccation.

Il peut être bon de comparer, au sujet de la puissance calorifique du même combustible que nous considérons, le rapport entre le résultat utile que l'on obtient dans la pratique et l'effet théorique dont un tel combustible est capable.

Supposons, par exemple, une chaudière cylindrique à deux bouilleurs extérieurs, établie dans un fourneau en brique suivant le mode ordinaire adopté pour le chauffage à la houille, et admettons, pour fixer les idées, que l'on ait 200 kilogrammes de vapeur à produire par heure, à la pression effective de 6 atmosphères.

On sait que la température de la vapeur à cette pression est de 160 degrés centigrades (1); par conséquent si on admet que l'eau d'alimentation est seulement à 10 degrés, l'élévation de la température à acquérir sera

$$160 - 10 = 150^\circ.$$

Or, d'après les expériences très-précises faites par M. Regnault, de l'Institut, et que nous avons reproduites dans les notions préliminaires de l'ouvrage cité plus haut, la quantité de calorique latent de vaporisation de l'eau à 10 degrés est environ de 600 unités (2), et que la formule donnée pour déterminer le nombre de calories à fournir pour transformer un kilogramme d'eau de cette température en vapeur sous une pression, ou à une température connue est la suivante :

$$n = [(T - t) + l] \times P,$$

dans laquelle

n représente le nombre de calories cherché,
T, la température acquise de la vapeur produite,
t, la température primitive de l'eau,
l, la chaleur latente, correspondante à la température t,
P, le poids de l'eau transformée en vapeur.

(1) Voir la table donnée à la page 19 du 1er volume du *Traité des moteurs à vapeur*.

(2) A zéro degré, un kilogramme de vapeur d'eau a absorbé 607 calories, suivant M. Regnault; tandis que, d'après de nouvelles expériences dues à un habile physicien, M. Hudelot, professeur à l'École centrale, il ne devrait en absorber que 587.

On a donc, en substituant :

$$n = (160^\circ - 10^\circ + 600) \times 1,$$

$$\text{ou } n = 750 \text{ calories.}$$

C'est-à-dire qu'il faut 750 calories pour produire un kilogramme de vapeur à 6 atmosphères, avec de l'eau à 10 degrés.

Or, un kilogramme de bois peut donner, 3,700 à 3,900 calories, d'après les chiffres ci-dessus; par conséquent, on voit qu'il devrait produire moyennement

$$\frac{3{,}800}{750} = 4 \text{ kilogrammes de vapeur.}$$

Si donc, on obtient, comme nous le disons plus haut, selon les expériences de M. Krafft, 3 kilogrammes de vapeur, le travail utile est égal aux trois cinquièmes de la puissance théorique.

En résumé, toute la question à résoudre, lorsqu'on veut employer les copeaux et les sciures de bois, comme combustibles dans les foyers des générateurs, réside donc dans un mode de chauffage qui permette de bien utiliser ces matières ; c'est ce que l'on obtient, comme on l'a vu plus haut, soit avec les appareils particuliers de M. Krafft, ou d'autres systèmes analogues, soit avec les fourneaux disposés de façon que le cendrier puisse être à peu près complétement fermé, que les barreaux de la grille soient très-rapprochés et que le registre de la cheminée reste presque constamment baissé; et dans tous les cas, pour en faire l'application aux calorifères et aux générateurs, il faut avoir le soin de doubler les surfaces de chauffe.

Nous montrerons prochainement une application intéressante que M. Guibert a faite de la sciure ou de la tannée dans un foyer spécial destiné à chauffer une étuve pour le séchage des bois. Cet appareil vient d'être monté chez M. Quétel-Trémois, à la Villette, et d'après les résultats déjà obtenus par l'inventeur sur des bois destinés à la marine, nous avons lieu d'espérer que dorénavant il sera possible de sécher tous les bois, quelles que soient d'ailleurs leurs dimensions, avec une très-grande économie, et dans des espaces de temps beaucoup plus courts qu'on ne l'avait fait jusqu'alors.

ÉPUISEMENT DES FORMES DE CARÉNAGE

APPAREILS HYDRAULIQUES

UTILISANT LA FORCE DES MARÉES

APPLIQUÉS A PAIMBŒUF

Par MM. FONTAINE et BRAULT, Constructeurs à Chartres

(PLANCHE 19)

Dans plusieurs ports de mer on a construit de grands bassins de forme rectangulaire assez spacieux pour y recevoir les navires de fort tonnage et permettre de les réparer. Ces grands bassins auxquels on a donné le nom de *formes de carénage*, communiquent directement avec le fleuve ou avec la mer, de sorte que l'on peut aisément y faire entrer le navire endommagé ; et lorsqu'il y est entré, on attend la marée basse, pour fermer les portes de séparation, qui sont disposées comme celles d'une écluse, afin d'interrompre toute communication. On peut alors épuiser la forme, et par suite mettre le bâtiment complétement à sec, ce qui permet de lui faire prendre les positions nécessaires pour rendre la réparation ou le *radoubage* facile.

Mais pour effectuer les épuisements de tels bassins dans le moins de temps possible, il est indispensable d'appliquer plusieurs pompes de grandes dimensions qui, par cela même qu'elles doivent enlever de forts volumes d'eau, exigent une puissance motrice assez considérable. Or, jusqu'à présent, la plupart des appareils en usage fonctionnent par des machines à vapeur dont la force varie de 20 à 60 chevaux. Telles sont les dispositions exécutées par M. Nillus du Havre pour les grands bassins de radoub du port d'Alger, et que nous ne tarderons pas à publier avec les nouvelles portes flottantes en tôle, d'une construction très-remarquable.

MM. Fontaine et Brault, qui s'occupent depuis longtemps, comme on sait, de la construction des *turbines* et des *roues hydrauliques* d'une manière toute spéciale, ont proposé à l'administration de la marine im-

périale d'appliquer ce genre de moteur pour faire mouvoir les pompes, en profitant de la marée comme force motrice.

Ils ont obtenu de faire une première application à Paimbœuf, et d'après les résultats favorables que l'on a constatés, la marine ne tardera sans doute pas à répandre ce système, comme ayant l'avantage d'économiser le combustible, tout en diminuant les frais d'installation du moteur. On sait qu'à Paimbœuf les eaux de la *Loire* se mêlent avec celles de l'Océan, de sorte que le fleuve, en cet endroit, subit les différences de niveau qui résultent des flux et des reflux successifs de la mer.

Déjà ces constructeurs avaient eu l'idée de faire marcher des usines situées près des bords de la mer, et ils ont eu l'occasion de monter un moulin à blé qui fonctionne également par une turbine actionnée de cette manière, à l'aide d'une chute factice, créée par la marée montante.

Mais on comprend sans doute que pour pouvoir, avec un tel système, profiter de la puissance hydraulique, il faut de toute nécessité établir un réservoir d'une capacité suffisante, dans lequel on maintient, à l'aide d'une vanne, l'eau supérieure au niveau de la haute mer ; puis quand vient le moment d'épuiser, c'est-à-dire lorsque le niveau correspond à celui de la mer basse, on dépense l'eau du réservoir à faire mouvoir la turbine et par suite les pompes qu'elle met en action.

L'installation du moteur hydraulique proprement dit est évidemment plus simple et moins dispendieuse que la machine à vapeur. Il a d'ailleurs l'avantage de ne pas consommer de combustible et d'être ainsi d'un entretien et d'une alimentation beaucoup plus économique. Quant au réservoir destiné à former la chute intermittente, il ne constitue qu'une première dépense lorsqu'on est obligé de le construire exprès; mais, du reste, il en existe presque partout dans les ports de mer bien établis.

Pour l'application spéciale que nous allons faire connaître, c'est-à-dire l'épuisement de la forme de carénage à Paimbœuf, on pourra aisément juger de la disposition générale des appareils exécutés par MM. Fontaine et Brault en jetant les yeux sur les figures du dessin pl. 19.

Tout le système est établi sur les bords de la Loire, près de l'écluse qui précède le bassin de carénage, et par laquelle on fait entrer et sortir les navires.

La turbine est de M. Fontaine-Baron, à pivot supérieur, avec vannage à rouleau. Disposition adoptée généralement aujourd'hui par les constructeurs, ainsi que nous l'avons fait voir dans le XI[e] volume, et plus complétement dans notre *Traité des moteurs hydrauliques*.

Cette disposition, qui a l'avantage de régler avec une grande facilité le volume d'eau à dépenser en fermant ou en découvrant un certain nombre des orifices adducteurs de la turbine, est très-utile, dans l'application spéciale qui nous occupe, en ce qu'elle permet d'augmenter le débit au fur et à mesure que la hauteur de la chute diminue. On peut

le faire d'autant mieux que l'on a donné à cette turbine un grand diamètre et de larges orifices.

Un régulateur à boules prévient, en agissant sur des sonnettes, quand la vitesse s'accélère ou se ralentit. Nous regrettons qu'un tel régulateur n'ait pas été mis en relation directe avec le vannage de la turbine, afin de régler la dépense sans le secours de l'ouvrier.

Le moteur actionne à la fois quatre grandes pompes placées verticalement dans une chambre spéciale, dont la partie inférieure communique par un canal latéral avec le fond du bassin, pour y aspirer toute l'eau qu'elles rejettent par un aqueduc dans le fleuve ou dans la mer.

La chambre de la turbine, plus spacieuse mais moins profonde que celle des pompes, communique également par le bas avec la mer, et par le haut, d'un côté, avec le réservoir, et de l'autre, avec le bassin et son radier.

Le réservoir lui-même est en communication directe avec la mer, dont il n'est séparé que par un mur dans lequel est ménagée une large ouverture fermée par une sorte de clapet ou de vanne libre, suspendue par un axe horizontal qui lui permet de s'ouvrir dès que le niveau extérieur est plus élevé que celui du réservoir. Et comme l'eau peut venir également par le bassin, en passant par la chambre de la turbine, il se remplit ainsi plus rapidement.

DESCRIPTION DES APPAREILS D'ÉPUISEMENT

REPRÉSENTÉS PLANCHE 19.

La fig. 1 est un plan d'ensemble vu en dessus de l'appareil moteur et des pompes.

La fig. 2 en est une section verticale passant par la ligne 1-2, en laissant les pompes et la turbine vues extérieurement.

La fig. 3 est une section transversale faite suivant la ligne 3-4.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/80.

Les fig. 4 et 5 représentent, sur une grande échelle, en coupe verticale et en plan, l'ensemble des pompes aspirantes et de leur transmission de mouvement.

La fig. 6 est une section verticale du clapet ou de la vanne libre.

Les fig. 7 et 8 sont deux détails, à 1/20 de l'exécution, l'un du vannage de la turbine, l'autre de l'une des pompes et de son piston.

Disposition générale. — On voit, par les deux premières figures, que l'ensemble des appareils consiste, comme nous l'avons dit, en une turbine horizontale et quatre pompes verticales, dont la commande est placée à niveau du sol dans un petit bâtiment couvert de 7 mètres de longueur sur 3m70 de largeur intérieure.

Sur la droite est le réservoir proprement dit A, dont nous n'avons indiqué que l'amorce. L'eau entre à marée haute dans ce réservoir, par

le clapet ou vanne inclinée B, qui peut osciller librement autour d'un axe horizontal *a* placé à sa partie supérieure, comme on peut le reconnaître par le détail en section fig. 6. Cette vanne est disposée de manière que quand le niveau du réservoir est plus bas que celui de la mer, la pression qui existe, par suite de la différence de ces deux niveaux, la soulève et permet à l'eau de pénétrer dans l'intérieur jusqu'au moment où l'équilibre se rétablit. Mais dès que la mer commence à descendre, la vanne se ferme tout naturellement par son propre poids; par conséquent, l'eau contenue dans le réservoir ne peut s'échapper : son niveau se maintient au niveau le plus élevé jusqu'à ce qu'on la dépense sur la turbine.

La chambre C de celle-ci communique avec le réservoir par un petit chenal D, coupé transversalement par un grillage en fer *b* destiné à arrêter les immondices. Les barreaux plats de ce grillage sont retenus par leur extrémité inférieure à une charpente encastrée dans le fond du chenal, et par l'autre extrémité au barrage fixe en bois *c*, lequel est surmonté d'un petit pont de service *d*, que l'on a établi en dehors du bâtiment.

On peut aussi mettre le réservoir A et la chambre C de la turbine en communication par le canal *e*, prolongé avec la forme du carénage F, et par le canal latéral *f* avec l'écluse E qui précède celle-ci ; de cette sorte, quand la mer est haute, l'eau peut arriver de plusieurs côtés à la fois dans le réservoir A et le remplir ainsi très-promptement.

Les deux canaux *e* et *f* doivent être munis de vannes verticales vers leur point de jonction; et à cet effet l'on a eu le soin de ménager un puits de service *g*, qui a servi à leur installation et qui permet de les visiter au besoin. Au moyen de ces vannes il est facile d'interrompre ou de rétablir à volonté la communication entre la forme et le réservoir.

La chambre inférieure D′ laissée sous la turbine, communique par l'aqueduc *h* avec la Loire ou la mer quand les eaux sont basses, et que l'appareil est en activité. Mais on ferme cette communication par une vanne verticale *i* (fig. 1) lorsque l'appareil ne doit pas fonctionner. Il en est de même de la chambre supérieure G des pompes avec laquelle se relie l'aqueduc *j*, tandis que la chambre inférieure G′, au contraire, communique par le canal *k* avec le fond du bassin de carénage.

Ce fond, construit, comme toute la forme elle-même, en pierre bien cimentée, n'est pas exactement placé dans toute sa largeur, mais il présente au contraire des espèces de marches d'escalier qui s'élèvent en gradin de chaque côté de la ligne longitudinale *mn* laquelle représente le milieu de la forme. Le niveau le plus bas de ce gradin est à 0m100 au-dessus d'une ligne horizontale *op* qui sert de *repère*, tracée par les ingénieurs de la marine, et à laquelle se rapportent les différents niveaux. Il correspond par suite à 1m200 au-dessous de celui de la basse mer, dite de *vive eau*, lequel est indiqué, au port de Paimbœuf, à 1m300 au-dessus du repère.

Mais pour que les pompes puissent épuiser complétement toute la forme, on a ménagé à l'entrée de celle-ci une petite cuvette carrée *l* (fig. 1), plus profonde de 0m200 que le fond, et avec laquelle on a fait communiquer le canal couvert *k*, qui, du côté des pompes, se trouve encore plus en contre-bas, c'est-à-dire à 0m350 au-dessous de la ligne de repère *op*. Les cotes dont nous parlons sont indiquées entre parenthèses sur les fig. 1, 2, 3 et 4. Comme on s'est arrangé pour que le fond de la forme présente une légère pente, en descendant vers la cuvette, on comprend que lorsque celle-ci est épuisée, le bassin est entièrement à sec. La hauteur du canal *k* est telle, que son sommet correspond dans la plus grande largeur avec le niveau même de la basse mer. La portion perpendiculaire qui vient directement aux pompes est un peu moins élevée, comme le montre la fig. 2.

Le fond de l'écluse E, qui précède la forme, se trouve à 0m400 au-dessus de la ligne de repère; mais la partie comprise entre les portes d'écluse H et le bord du bassin, devant servir de butées ou de points d'appui à ces portes, lorsqu'elles sont fermées, est plus élevée de 0m500; par conséquent elle se trouve à 0m900 au-dessus du repère.

Ces portes se manœuvrent d'ailleurs comme toutes celles appliquées sur les écluses des canaux ordinaires; un secteur denté horizontal est adapté à charnière à leur partie supérieure et est commandé par un pignon droit dont l'axe vertical s'élève au-dessus du sol, où il est soutenu par un support en fer, et reçoit une roue d'angle avec laquelle engrène une autre roue semblable dont l'axe porte une manivelle. Avec un tel mécanisme disposé de chaque côté de l'écluse, un homme peut aisément faire mouvoir chacune des deux ventelles pour les ouvrir ou les fermer.

Les constructeurs ont placé le plancher en fonte I de leur turbine à 1m590 au-dessus du repère, de telle sorte que la base inférieure de celle-ci se trouve à très-peu de distance du niveau de la basse mer, soit seulement à 0m05 ou 1m350 au-dessus de *op*. Et son pivot fixe *r* sur un massif en pierre qui forme le fond de la chambre inférieure D', à 0m350 au-dessus de cette même ligne, ce qui laisse un vide de 1 mètre pour la hauteur comprise entre le fond et la base de la turbine. Cette chambre présente d'ailleurs une longeur de 3m35 et une largeur de 3 mètres. A droite, du côté du réservoir, on a eu la précaution de rapporter, dans l'épaisseur même du plancher, une grande soupape ou clapet circulaire J (fig. 2 et 7) pour empêcher le soulèvement des larges courroies en gutta-percha qui recouvrent les orifices distributeurs de la turbine. Cette soupape est en fonte, garnie en dessous d'une rondelle en caoutchouc pour s'appliquer exactement sur son siége, qui n'est autre qu'un grillage en fonte boulonné sur le plancher. On la manœuvre du haut à l'aide d'une chaîne verticale *s* qui s'enroule sur un petit treuil *t*, que l'on fait tourner d'une petite quantité par un levier servant de manette.

TURBINE ET VANNAGE. — La turbine proprement dite L est formée d'une

couronne horizontale d'environ 2 mètres de diamètre, percée sur toute sa circonférence d'orifices venus de fonte, et fixée à la partie inférieure de l'arbre vertical M, fondu creux en deux pièces pour le passage du pivot fixe *r*, qui s'élève jusqu'au-dessus du sol de l'usine, afin de pouvoir être graissé facilement. Cet arbre est maintenu vers le milieu de sa hauteur par un fort croisillon en fonte à trois branches N, scellé aux murailles de la chambre supérieure C de la turbine. Des tirants en fer relient ce croisillon avec les brides de jonction des deux parties de l'arbre, afin de consolider le tout et d'éviter les vibrations.

Dans l'épaisseur du plancher I sont ménagés les distributeurs ou orifices adducteurs qui doivent livrer l'eau à la turbine. Ces orifices sont, comme on l'a vu, couverts par deux larges courroies en gutta-percha que l'on a fixées d'un bout sur la partie circulaire du plancher, et de l'autre à la circonférence des galets ou rouleaux coniques O (fig. 2, 3 et 7) sur lesquels on les enroule lorsqu'on veut découvrir les orifices, ou bien on les développe pour les fermer.

La manœuvre de ces rouleaux a lieu au moyen d'un mécanisme qui a été mis à la portée du mécanicien chargé de la conduite des appareils. Ce mécanisme consiste en un pignon droit *u*, qui engrène avec une couronne dentée solidaire avec les axes des deux galets, et avec un croisillon en fonte qui embrasse l'arbre de la turbine. L'axe vertical Q (fig. 3), qui porte le pignon, se prolonge jusqu'au-dessus du croisillon N, où il est maintenu dans un collet pour recevoir une roue droite horizontale R, avec laquelle engrène un autre pignon dont l'axe S s'élève à travers la voûte en maçonnerie qui recouvre la chambre, et à travers la petite colonnette en fonte T, où il est commandé par une paire de roues d'angle et un volant manivelle U que l'on manœuvre à la main.

Pompes et pistons. — Nous avons dit que la turbine met en jeu quatre pompes verticales placées dans une chambre spéciale GG′, dont le fond communique avec la forme de carénage par un canal souterrain *k*. Ces pompes se composent, comme le montrent les détails (fig. 4, 5 et 8), de deux parties, dont l'une, celle supérieure V, qui forme le corps principal, est en bronze, et l'autre, celle inférieure V′, est en fonte percée de trous vers le fond, pour donner entrée à l'eau sans laisser pénétrer les matières solides.

Cette dernière est munie, vers sa partie supérieure, d'une grille en fonte à jour *v* sur laquelle repose un clapet en caoutchouc *v*′, formant la soupape d'aspiration, et surmontée d'une sorte de soucoupe en fonte qui lui sert de guide et d'arrêt.

Le piston qui est ajusté dans le corps de pompe en cuivre se compose également d'une grille en fonte à jour X, portant de même un clapet en caoutchouc *x*, et d'un guide en bronze *x*′. Sa garniture est un simple cuir embouti x^2, pincé entre l'embase circulaire à gorge de la grille et une rondelle en fonte.

Les quatre corps de pompe semblables reposent par leur base supérieure sur une forte plaque en fonte *v*, qui sert de plancher, et par le fond sur le massif en maçonnerie qui termine la chambre G′ et le canal *k*.

Commande des pistons. — Chaque tige de piston est reliée par une douille à une bielle en fer, à fourche *y*, qui se prolonge jusqu'au-dessus du sol de l'usine pour s'assembler par articulation au bouton sphérique d'un plateau ou disque en fonte *y′*, qui sert de manivelle.

Comme on le voit par les fig. 1 et 5, les disques à manivelle sont montés, deux par deux, sur les deux axes horizontaux et parallèles y^2 qui, à l'aide des roues droites dentées Z, reçoivent leur mouvement de l'arbre de couche en fer *z*, lequel est commandé lui-même par la turbine, au moyen des deux roues d'angle Z′, d'égal diamètre.

Toutes ces roues étant de même dimension, la vitesse de rotation des axes et des plateaux est toujours égale à celle de la turbine. Par conséquent lorsque, comme on l'a supposé, la marche normale de celle-ci est de 32 révolutions par minute, celle des pompes correspond aussi à 32 coups doubles dans le même temps.

Indicateur de vitesse. — Lorsque cette vitesse est dépassée, ou lorsqu'elle devient plus faible, on en est prévenu par l'indicateur à sonnerie que les constructeurs ont placé dans la salle du mécanicien. Cet indicateur a beaucoup d'analogie avec celui que l'on emploie dans les moulins à blé, près du mécanisme des meules. Ce n'est autre qu'un modérateur à boules M′, porté par une colonne cannelée et commandé par deux poulies *p′* et p^2 (fig. 2), et deux petites roues d'angle. Quand sa vitesse s'accroît ou se ralentit, la douille mobile ajustée sur son axe vertical touche les tocs qui correspondent à des sonnettes dont le bruit prévient le mécanicien.

FONCTION ET TRAVAIL DES APPAREILS.

Il n'est pas difficile de comprendre, d'après ce que l'on vient de voir, comment fonctionne l'appareil pour obtenir le résultat que les constructeurs se sont proposé d'atteindre :

Comme nous l'avons dit en commençant cette description, lorsqu'on veut faire entrer un navire à réparer dans le bassin ou la forme de carénage, on profite de la mer haute; la porte d'écluse est alors entièrement ouverte. Pendant ce temps le réservoir qui doit servir de récepteur au moteur hydraulique se remplit d'autant plus vite qu'il reçoit l'eau à la fois par l'ouverture qui communique directement avec la mer, et par les canaux *e* et *f* qui, débouchant dans la chambre même de la turbine, le mettent aussi en communication avec la forme et avec l'écluse lorsque leurs vannes sont ouvertes.

Dès que ce réservoir est plein et que la mer se retire, les vannes se ferment pour y maintenir l'eau au niveau supérieur, qui d'après les échelles se trouve, en temps ordinaire, à la hauteur moyenne de 3m800

au-dessus de la ligne de repère *op* (fig. 2 et 3) ; or, comme le fond du réservoir en est à 2^m400, il en résulte que le volume maximum qu'il contient correspond à une hauteur de

$$3,800 - 2,400 = 1^m400.$$

Pour la facilité de l'écoulement de l'eau sur la turbine, on a établi le fond du canal qui relie le réservoir avec la chambre supérieure C en plan incliné, de telle sorte que vers celui-ci l'élévation au-dessus du repère n'est plus que de 2^m150 au lieu de 2^m40.

La largeur de ce canal est de 3 mètres, mais celle du réservoir est de 4^m50 ; par conséquent sa section transversale est de

$$4^m50 \times 1^m40 = 6^{m.q.}30.$$

Comme en marée basse le niveau est à 1^m300 au-dessus du repère, on voit que la chute totale dont on peut profiter quand le réservoir est plein est de

$$3,800 - 1^m300 = 2^m500.$$

Mais cette hauteur diminue successivement, à mesure qu'elle se vide, jusqu'au point de n'être plus en dernier lieu que de

$$2^m400 - 1^m300 = 1^m10.$$

A ce moment il n'y a plus d'eau dans le réservoir, la turbine est arrêtée. On a donc dû s'arranger de telle sorte que la capacité du réservoir soit assez grande pour fournir une quantité d'eau en rapport avec l'épuisement à effectuer.

Or, on peut aisément se rendre compte du travail que l'on doit faire à cet égard.

La plus grande largeur donnée à ce bassin de Paimbœuf est de 16 mètres, et on a vu que, à marée basse, la hauteur du niveau au-dessus du fond est de

$$1^m300 - 0^m100 = 1^m20.$$

La section de la nappe d'eau à enlever pour épuiser la forme complétement est donc

$$16^m \times 1^m20 = 19^{m.q.}20.$$

Par conséquent, si on admet que cette forme ait 100 mètres de longueur, le volume total correspondant est égal à

$$19^{m.q.}20 \times 100^m = 1,920^{m.c.}$$

Mais si on remarque que le navire à radouber déplace lui-même un certain volume qui, suivant sa capacité, son tonnage, peut être le tiers, la moitié de cette quantité, et même plus, on doit en conclure que le plus grand volume d'eau à faire puiser par les pompes est de 800 à 1,200 mè-

très cubes, c'est-à-dire 800 mètres cubes par exemple; lorsque le navire est d'un grand tonnage, et 1,000 ou 1,200 mètres cubes dans le cas d'un navire de moyenne ou de petite dimension.

Soit donc une moyenne de 1,000 mètres cubes d'eau à enlever; et voyons dans combien de temps cet épuisement pourra s'effectuer, à l'aide des quatre pompes que la turbine met en action.

Le diamètre de chacune de ces pompes est de. . $0^{m}\cdot600$
Et la course de leur piston est de. . . . . $0^{m}\cdot500$

Par suite le volume engendré à chaque coup est égal à

$$\left(\frac{0^{m}\cdot 600}{2}\right)^2 \times 3{,}1416 \times 0^{m}50 = 0^{mc}\cdot 14187.$$

Soit en nombre rond : 140 litres.

La vitesse normale étant de 32 révolutions par minute, on voit que la quantité d'eau théorique fournie par chaque pompe, pendant ce temps est de :

$$140 \times 32 = 4{,}500 \text{ litres.}$$

et par les quatre pompes de

$$4{,}500 \times 4 = 18{,}000 \text{ litres.}$$

ou 18 mètres cubes par minute.

Soit par heure : $18 \times 60 = 1{,}080$ mètres cubes.

A cause des pertes ou des fuites, il est bon de réduire ce chiffre à 1,000 mètres cubes.

Il est donc naturel d'admettre que l'épuisement moyen de 1,000 mètres cubes s'effectuera dans l'espace d'une heure environ, si on maintient la marche des appareils à la vitesse de 32 tours par minute.

Nous avons fait remarquer que la base supérieure des pompes est au même niveau que celui de la mer à marée basse, c'est-à-dire à $1^{m}300$ au-dessus de la ligne de repère, et que leur base inférieure est à $0^{m}350$ au-dessous de cette ligne; par conséquent, lorsqu'elles commencent à fonctionner, la hauteur à laquelle elles doivent élever l'eau est très-faible, de quelques centimètres seulement ; et, au contraire, à mesure qu'elles épuisent, le niveau dans la forme baisse, et par suite la hauteur devient plus considérable, au point que vers la fin de l'opération il faut compter sur $1^{m}50$ à $1^{m}60$ et plus.

C'est justement au commencement du travail que la puissance disponible du moteur est la plus grande, car le réservoir est plein, et la chute est la plus élevée, tandis que l'inverse a lieu vers la fin.

Il faut donc que le mécanicien s'arrange pour dépenser peu d'eau sur la turbine tout d'abord, et qu'il augmente cette dépense au fur et à

mesure que l'épuisement s'opère, afin de conserver, autant que possible, une vitesse régulière.

Il était donc essentiel, dans un tel cas, d'appliquer une turbine à débit variable, permettant de dépenser un faible volume d'eau sous une grande chute, et un volume considérable sous une chute très-faible. La disposition du vannage à rubans ou à courroies de M. Fontaine est très-avantageuse sous ce rapport, puisqu'elle permet de ne laisser à découvert, dans un cas, qu'un très-petit nombre d'orifices, et, au contraire, dans le second, de découvrir au besoin tous les orifices adducteurs.

En publiant, dans notre *Traité des moteurs hydrauliques*, les différents systèmes de turbines, et en particulier celui de M. Fontaine, après avoir exposé les règles au moyen desquelles on peut calculer ce genre de moteur, nous avons donné une table pratique qui permet de déterminer, sans calcul, les principales dimensions des turbines en dessus. Il sera facile, en recourant à cette table ou aux formules qui l'accompagnent, de se rendre compte des quantités d'eau que l'on peut faire successivement débiter à la turbine appliquée à l'établissement de Paimbœuf.

Nous ne croyons pas devoir revenir sur ce sujet, mais nous devons rechercher quelle est, en définitive, la puissance utile à produire pour faire mouvoir les pompes, dans l'état constamment variable dans lequel elles se trouvent.

Admettons, par exemple, trois périodes, c'est-à-dire que, vers le commencement de l'opération, la hauteur moyenne de l'eau à élever par ces pompes soit seulement de $0^m 50$; que, vers le milieu, elle se trouve de 1 mètre; et que, vers la fin, elle soit moyennement de $1^m 50$.

Puisque la quantité d'eau enlevée par minute par les quatre pompes est d'environ 18,000 kilogrammes, à la vitesse normale de 32 coups doubles ou 32 révolutions, on trouve que le travail effectif obtenu par seconde est :

$$\text{Dans le 1}^{\text{er}}\text{ cas,} = \frac{18000 \times 0{,}50}{60} = 150 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Dans le 2}^{\text{e}}\text{ cas,} = \frac{18000 \times 1^m}{60} = 300 \text{ kilogrammètres.}$$

$$\text{Et dans le 3}^{\text{e}}\text{ cas,} = \frac{18000 \times 1^m 50}{60} = 450 \text{ kilogrammètres.}$$

Soit 2, 4 et 6 chevaux-vapeur de 75 kilogrammètres.

Mais il faut bien admettre aussi que pour vaincre tous les frottements des pistons, des engrenages et des arbres de transmission, on doit dépenser une force qui peut s'élever à 300 ou 400 kilogrammes et plus; par conséquent, il est nécessaire de réaliser une puissance notablement plus grande.

Soit, par exemple, de 6 à 7 chevaux dans le premier cas,
et de 10 à 12 chevaux dans le dernier.

Or, quand le réservoir est plein et que la mer est basse, la turbine peut profiter d'une chute de $2^m 50$; il s'ensuit que, pour fournir 6 chevaux effectifs ou 450 kilogrammètres, en supposant que ce moteur ne donne que 50 p. 100 d'effet utile, ce qui est évidemment un minimum, il en résulte, disons-nous, qu'elle doit débiter au commencement du travail :

$$\frac{450 \times 2}{2^m 50} = 360 \text{ litres d'eau par seconde.}$$

Et, au contraire, vers la fin de l'opération, si le réservoir n'est pas très-considérable, et si par suite le niveau y baisse sensiblement, la chute peut être réduite jusqu'à n'être plus que de $1^m 50$ à $1^m 60$ environ, et la puissance effective à produire devant être de 12 chevaux ou 1800 kilogrammètres, on trouve que la quantité d'eau qu'il faut dépenser, toujours dans l'hypothèse de 50 p. 100 d'effet utile, est de

$$\frac{1800 \times 2}{1^m 50} = 2{,}400 \text{ litres par } 1''.$$

On voit, par cette différence énorme, qu'il importe que le réservoir qui sert à créer la chute soit d'une grande dimension, si l'on veut, non-seulement qu'il mesure un grand volume, mais encore qu'il puisse conserver la hauteur de chute nécessaire pour produire la puissance suffisante et ne pas dépenser une quantité d'eau trop considérable.

En prenant la moyenne des deux limites extrêmes que nous venons de considérer,

$$\text{Soit :} \quad \frac{360 + 2400}{2} = 1380 \text{ litres.}$$

Si l'on marchait pendant une heure consécutive, il faudrait une capacité égale à

$$1380 \times 60 \times 60 = 4968 \text{ mètres cubes.}$$

On se rappelle que la section du réservoir est de $6^m 30$; par conséquent, pour présenter ce volume, il faut que sa longueur soit de

$$4968 + 6{,}30 = 78^m 95.$$

Soit, en nombre rond, 80 mètres.

On peut, au reste, selon l'emplacement disponible, diminuer ou augmenter cette longueur, suivant que l'on sera obligé d'augmenter ou de réduire la largeur ; et, comme nous l'avons dit, plus le réservoir sera spacieux, moins il y aura de différence dans la hauteur de la chute.

PRÉPARATION AU TISSAGE

MACHINE A BOBINER POUR OURDISSOIR

CONSTRUITE

Par M. L. BRUNEAUX fils aîné

MÉCANICIEN ET FILATEUR A RETHEL

(PLANCHE 20)

Les fils livrés par les métiers à filer, que ce soient des mull-jennys box-organ, comme celui représenté sur les pl. 12 et 13 de ce volume, ou bien des renvideurs, des demi-self-acting ou autres, si ces fils sont destinés à former la chaîne d'un tissu, ils doivent subir plusieurs préparations indispensables qui sont : le bobinage, l'ourdissage et l'encollage ou parage.

La première préparation, le bobinage, a simplement pour but de transformer les bobines du métier à filer en nouvelles bobines afin de pouvoir plus facilement effectuer les préparations suivantes. Le bobinage n'est donc qu'un simple dévidage, sans torsion ni doublage, l'opération se fait sur un grand nombre de bobines à la fois, au moyen de machines spéciales, dont les dispositions varient suivant les constructeurs (1).

La machine que nous allons décrire, construite par M. Bruneaux, de Rethel, se fait surtout remarquer par sa simplicité et la bonne disposition de tous ses organes ; elle présente cette particularité, que l'envidage du fil sur la bobine en bois s'opère par simple frottement, et non par traction directe comme dans la plupart des machines ordinairement en usage. Ce perfectionnement important diminue considérablement les chances de rupture des fils, et par cela même augmente la production de la machine.

Nous avons représenté sur la pl. 20 les différentes vues indispensables pour faire bien comprendre cette machine.

La fig. 1re en est un plan général vu en dessus.

(1) Dans le tome V de ce Recueil nous avons donné le dessin et la description d'une machine à cannettes dite *cannetière à défiler*, destinés à former la trame des tissus de soie, et qui produit un travail à peu près analogue avec des dispositions toutes différentes.

La fig. 2 est une portion de vue de face du côté de la commande.

La fig. 3 est une vue de bout de cette commande, et la fig. 4 une section transversale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

Dispositions générales. — Le bâti de cette machine se compose de trois montants en fonte A, reliés entre eux par les longrines parallèles inférieures A′, qui s'y fixent au moyen de boulons, et par les deux équerres en fonte, ou porte-systèmes B et B′, placés à la partie supérieure, lesquels sont reliés par une planchette en bois B^2 formant tablette.

L'on remarquera que la machine est double, c'est-à-dire que le travail s'opère simultanément sur les deux côtés de la machine dont le produit est ainsi doublé.

A la partie inférieure du bâti, sur les longrines A′ sont fixées, au moyen d'équerres en fer *a*, les planchettes C et C′ qui règnent de chaque côté dans toute la longueur, et sur lesquelles sont fixées les broches verticales *c*, qui reçoivent les bobines coniques *c′*, obtenues sur le métier à filer, et destinées à être dévidées.

L'envidage du fil se fait sur des bobines cylindriques en bois *d*, avec joues, placées horizontalement, et dont les axes en fer peuvent glisser librement dans les rainures verticales des supports *b*, montés à égale distance l'un de l'autre sur chacun des porte-systèmes B et B′. Les deux rangées de supports *b*, reçoivent aussi les arbres *e* et *e′*, lesquels sont munis de petits cylindres en bois D et D′ de même longueur que les bobines, moins les joues, et espacés de manière à correspondre à l'écartement des supports *b* entre lesquels ils sont disposés.

Les arbres *e* et *e′* (fig. 1) se prolongent en dehors du bâti, du côté de la commande seulement, pour porter les pignons E E′ qui reçoivent, par des engrenages intermédiaires, la commande de l'arbre moteur.

Les bobines *d* reposent par leur propre poids sur les cylindres D et D′, et sont mises en mouvement par la simple pression qu'ils exercent sur ces derniers ; le fil s'enroule sur les bobines horizontales *d*, pendant que celles coniques verticales inférieures *c′* se dévident. L'enroulement des fils par frottement présente cet avantage, que lorsqu'un des fils vient à éprouver une résistance quelconque, soit dans le dévidage des bobines inférieures *c′*, soit tout autrement, les bobines horizontales *d* restent immobiles, et les cylindres D et D′ continuent à tourner sans occasionner la rupture des fils, comme cela a lieu dans les machines où la commande de l'envidage se fait directement par engrenages ou par courroie.

Pour que les fils soient bien répartis par couches égales sur toute la longueur de la bobine, ils sont conduits, pendant l'envidage, par de petits guides *f* et *f′*, animés d'un mouvement lent de va-et-vient dont la course est égale à la longueur des bobines à charger de fil.

Commande principale. — A la partie inférieure de la machine, et dans le sens longitudinal, est établi un arbre horizontal F, qui tourne dans des paliers mobiles F′ se fixant sur les montants A. A l'extré-

mité antérieure de cet arbre, en dehors du bâti, est calée la poulie G, qui reçoit la courroie motrice, et à côté de laquelle est montée la poulie folle G′ qui permet d'interrompre le mouvement.

Un engrenage droit H fixé sur ce même arbre F, près des poulies, contre le pied du bâti, donne le mouvement à la roue intermédiaire H′, montée sur l'axe du petit support *h* fixé au bâti. Sur cet axe, avec la roue H′ tourne le pignon H², qui commande la roue I, laquelle engrène avec le pignon I′ fixé sur l'axe d'une autre roue dentée J′ (fig. 3); cette dernière communique un mouvement rapide de rotation au pignon E′ calé à l'extrémité de l'axe des rouleaux d'appel D′, qui, eux-mêmes, par leur propre pression entraîne les bobines de gauche.

Le même effet se produit pour les bobines de droite (fig. 3 et 4), par l'intermédiaire de la roue J, engrenant avec la roue H′, qui donne le mouvement au pignon E, fixé sur l'axe *e* des cylindres horizontaux D.

Comme il importe que l'ouvrière puisse arrêter la machine, quelle que soit la place qu'elle occupe, il règne au milieu, sur toute la longueur, un tringle en fer *k*, qui peut glisser librement dans des supports *k′* fixés sur les montants A du bâti, et dont une extrémité terminée par un œil se relie à la partie supérieure de la fourchette de débrayage K qui embrasse, par sa partie inférieure, la courroie motrice qu'elle fait passer de la poulie fixe sur la poulie folle, ou contrairement, à volonté, suivant que la tringle est poussée ou tirée. La course de cette tringle de débrayage, et par suite celle de la fourchette K, est limitée du bout opposé à la commande par deux petites bagues *k*² (fig. 1), qui viennent buter alternativement sur le dernier support de la tringle *k*.

Va-et-vient et sa commande. — Nous avons dit plus haut, que les fils en s'enroulant sur les bobines *d*, sont animées d'un mouvement lent de va-et-vient, afin de répartir uniformément toutes les couches de fil sur la longueur des bobines.

Pour donner ce mouvement aux fils, ces derniers sont conduits par les guides *f* et *f′* fixés sur les petits chariots en bois L L′, ainsi que les équerres *g g′* supportant les doubles tringles *i i′*, *j j′*, qui règnent de chaque côté, dans toute la longueur de la machine, pour recevoir et diriger les fils entre les guides.

Les deux chariots L et L′ sont supportés par des galets à gorge profonde *l l′*, qui tournent librement sur de petits axes en fer fixés aux porte-systèmes, de façon à permettre à l'ensemble des chariots, garnis des tringles et des guides, de se déplacer aisément sous l'impulsion de la camme M; et au moyen d'une série de leviers.

A cet effet, sur le porte-système B est articulé, en *m*, un levier vertical N, dont l'extrémité inférieure est munie d'un galet *n*, maintenu en contact avec la camme au moyen d'un contre-poids P, attaché à la corde *p* qui, après avoir passé sur la poulie de renvoi P′, vient s'attacher à la partie inférieure du levier N. Un second levier O, placé parallèlement au premier

avec lequel il est relié par la bielle N′, a son point d'articulation *o* sur la longrine A′, et sa partie supérieure réunie au chariot L.

Il résulte de cette disposition qu'à chacune de ses révolutions, la camme M repousse le levier N et avec lui la bielle N′, levier O et par suite le chariot L, lequel est ensuite ramené à son point de départ par le contre-poids P.

Le chariot L commande à son tour celui L′ au moyen d'un levier Q, qui a son centre d'oscillation au milieu de sa longueur, sur un pivot *q* fixé sur le montant extrême de droite du bâti (fig. 1), et dont les deux extrémités se rattachent, l'une au chariot L, l'autre à celui L′.

La camme M, qui provoque ce double mouvement, est actionnée de la manière suivante : elle est montée sur un axe M′ supporté par les deux petits paliers m′, dont l'un est fixé à la traverse A^2, l'autre à la longrine A′. Cet arbre M′ est muni de la roue dentée R, qui engrène avec le pignon *p* calé sur l'axe de la roue d'angle S, commandé par le pignon *s*, lequel est fixé sur l'arbre moteur F.

Mise en marche de la machine. — Après avoir chargé les broches fixes *c* des bobines provenant du métier à filer, et avoir dévidé une certaine longueur de fil, l'ouvrière fait passer chacun de ces fils dans les guides *t*, dits *queues de cochons,* fixés à une longue règle de métal qui, par des boulons, est reliée au bâti.

Ces guides sont disposés pour correspondre au milieu et vis-à-vis de chaque bobine ; puis on fait passer les fils sur les baguettes *i*, *i′* et *j*, *j′*, et traverser les guides *f*, *f′*, et on les enroule d'une certaine quantité sur les bobines *d*, *d′*.

Une fois toutes les bobines chargées d'une certaine quantité de fils et placées en contact avec les cylindres D et D′, l'on fait passer la courroie de la poulie folle G′ sur la poulie fixe G, et le mouvement se trouve communiqué à toutes les parties de la machine. Les bobines *d*, *d′* se chargent alors de fil, et s'élèvent dans les supports *b* jusqu'à ce qu'elles aient atteint la grosseur convenable.

Lorsqu'un des fils vient à rompre, la soigneuse le rattache en isolant la bobine pour plus de facilité. De même quand une des bobines inférieures *c′* est épuisée, il suffit de la remplacer en ayant le soin d'en rattacher l'extrémité au fil épuisé d'une autre bobine.

PRÉPARATION AU TISSAGE

OURDISSOIR POUR CHAINE-LAINE

Construit par M. L. BRUNEAUX fils aîné

MÉCANICIEN ET FILATEUR A RETHEL

(PLANCHE 21)

Les bobines de fils de chaîne obtenues sur la machine que nous venons de décrire sont portées à l'ourdissoir, où, dévidées dans un certain ordre, chacune d'elles présente un fil qui, dans le tissu, doit conserver son parallélisme. L'*ourdissage* des fils de chaîne pour le tissage, l'une des préparations les plus importantes, consiste donc à ranger bien parallèlement sur un rouleau les fils destinés à former la chaîne, en conservant leur ordre numérique, et surtout en maintenant une égale tension sur toute la longueur des fils. On comprend, en effet, que si les fils ne sont pas régulièrement tendus, il se produit dans le tissu des parties plus ou moins serrées, qui doivent nuire considérablement à sa qualité et à son bel aspect. De même, si les fils ne sont pas rangés bien parallèlement, le dévidage sur l'ensouple, derrière le métier à tisser, se produit avec difficulté, et les fils qui composent la chaîne, se brisant en plusieurs endroits, occasionnent des pertes de temps très-préjudiciables.

L'ourdissoir représenté sur la pl. 21 remplit les conditions énoncées ci-dessus; sa construction simple, l'accès facile de toutes les pièces le rendent indispensable à tout tissage mécanique. La machine que nous figurons ici est montée pour tissu de grandes largeurs.

La fig. 1re est une vue de face longitudinale;

La fig. 2 est une vue de bout, du côté de la commande;

La fig. 3 est une section transversale faite au milieu de la machine;

La fig. 4 est un détail en plan du mécanisme compteur.

Dispositions générales. — Le bâti se compose de deux flasques verticales A A′ réunies par des entretoises en fer a, et par une croix de Saint-André en fonte A^2. Sur ces flasques s'ajustent les différentes pièces qui constituent la machine.

A droite et à gauche de ce bâti sont boulonnés les supports B B', qui maintiennent les peignes C et C', au moyen de boulons *b* munis d'écrous à oreilles. Les peignes C et C' sont formés de petites tiges en fil de fer, tenues rigides à leur partie inférieure par deux petites baguettes en bois, et libres à leur partie supérieure pour leur permettre de s'écarter facilement lorsque l'on veut y introduire les fils de chaîne.

L'ensemble de ces tiges forme une sorte de grillage retenu dans un châssis en bois, lequel est fixé aux supports B B', comme nous l'avons vu plus haut.

Ces derniers supportent aussi deux longues tringles en fer *b'*, sur lesquelles glissent les fils de chaîne.

Sur les flasques A et A' du bâti sont encore fixés deux supports à trois branches D et D', dans lesquels tournent les axes des rouleaux en bois E, E' et E², entre lesquels s'engagent les fils de chaîne à ourdir.

Sur le devant du bâti, fondu à cet effet avec des saillies parallèles, sont aussi fixés deux autres supports F, dont la partie supérieure formant fourchette reçoit les tourillons du rouleau en bois G, muni vers ses extrémités de deux plateaux en fonte G' formant joues. Ce rouleau G repose par son propre poids sur un tambour en bois H, dont l'axe en fer *h*, supporté par les paliers *h'* fixés sur les consoles fondues avec le bâti, est muni de la poulie fixe I et de la poulie folle I'. Un levier de débrayage J embrasse la courroie motrice pour la faire passer d'une poulie sur l'autre.

La machine étant très-longue, il faut pouvoir débrayer facilement d'un bout comme de l'autre; à cet effet, le levier de débrayage est relié à sa partie supérieure par un petit manchon qui fait partie d'une tringle J', laquelle règne dans toute la longueur de la machine en glissant dans la tête des supports de devant B'. Deux bagues *j*, *j'* limitent la course du levier J dans les positions correspondantes à l'embrayage de la poulie fixe avec celle de la poulie folle.

Marche de la machine. — Les bobines sortant du bobinier précédemment décrit sont placées dans un grand casier incliné, que nous n'avons pas figuré sur le dessin, et qui peut contenir jusqu'à 660 de ces bobines, étagées sur des gradins convenablement espacés pour donner une bonne direction aux fils.

Pour que le dévidage s'opère facilement, chaque bobine est munie d'un petit axe en fer, dont les extrémités tournent librement dans de petites crapaudines en porcelaine encastrées dans les traverses du dit casier. Les fils sont ensuite passés un à un entre les dents du premier peigne C, puis sur le premier rouleau E, ensuite sous le second E', et enfin sur le troisième E², pour se rendre entre les dents du second peigne C', et de là sur le rouleau G, sur lequel ils sont fixés au moyen d'une baguette *g* (fig. 3), qui pénètre dans une rainure pratiquée sur toute la longueur de la génératrice de ce rouleau.

Ce dernier repose, comme nous l'avons vu plus haut, sur le tam-

bour d'appel H, qui reçoit directement la commande du moteur. Lorsque l'on fait passer la courroie sur la poulie fixe, voici ce qui se produit:

Le rouleau d'appel est animé d'un mouvement de rotation très-lent qu'il communique par sa circonférence au rouleau G, dont le poids suffit pour lui donner assez d'adhérence sur le rouleau H. Le rouleau G, dans son mouvement, entraîne avec lui tous les fils de chaîne qui y sont fixés, en opérant sur eux une tension subordonnée à la résistance qu'ils éprouvent entre les cylindres E, E', E^2.

La pression de ces cylindres étant uniforme, il s'ensuit que la tension des fils est égale sur toute la largeur de la chaîne. Le rouleau d'appel, agissant sur le rouleau G par simple friction, évite le bris des fils qui pourrait se produire par une résistance imprévue; en effet, en supposant que plusieurs des fils éprouvent de la difficulté au dévidage, le rouleau H ne pouvant vaincre cette résistance glissera sur celui G sans amener de rupture. Le support du rouleau G est disposé de manière à permettre à celui-ci de monter verticalement à mesure qu'il se charge de fils et que son diamètre augmente.

La chaîne à ourdir devant avoir une longueur déterminée par la nature du tissu, il est important de pouvoir mesurer sur la machine même la longueur des fils enroulés; pour cela, sur le côté est établi un compteur qui mesure assez exactement, à un demi-mètre près, la longueur de chaîne ourdie.

Compteur. — Les cylindres E, E', E^2 ont un diamètre correspondant à une circonférence de 50 centimètres, de manière qu'ils font un tour à chaque 50 cent. de fils développés. Sur l'un des cylindres E, on a fixé un petit pignon d'angle *e*, fig. 4, qui engrène avec une roue *e'* d'un diamètre double, dont l'axe qui tourne dans un support d^2 fixé à celui D', porte un petit disque en fonte *c*, muni d'un goujon excentré formant manivelle. A ce goujon est attachée une petite bielle *l* qui se relie au levier *l'*, lequel fait manœuvrer les rouages intérieurs du compteur K, fixé au bâti par un support en fer K'. La face du compteur laisse voir trois cadrans (fig. 1) sur lesquels se lisent les unités, les dizaines et les centaines de mètres de fils développés.

On conçoit que le disque *c* doit faire un tour complet pour faire manœuvrer le compteur; par suite le rouleau E doit en faire deux; par conséquent il doit développer 1 mètre de fil, lequel est constamment accusé sur le compteur, jusqu'à ce que l'on arrive à la longueur voulue; à ce moment, on arrête la machine pour enlever la chaîne ourdie sur le rouleau G, et on recommence une autre opération.

FILATURE DE LAINE PEIGNÉE

MACHINES DE PRÉPARATION DU DEUXIÈME DEGRÉ

MACHINE A FAIRE LES CANNELLES

PAR M. SCHLUMBERGER

CONSTRUCTEUR DE MACHINES A GUEBWILLER

(PLANCHE 21)

Les défeutreurs que nous avons décrits vol. XIVe et représentés pl. 35 et 36, sont pourvus d'un mécanisme de va-et-vient qui leur permet, comme on a vu, de faire les *cannelles* ou grosses bobines destinées à alimenter le *réduit* qui prépare les fils pour la machine dite *réunion* ou bobinoir-réunisseur représenté pl. 4 et 5 de ce volume. Mais il existe encore dans les filatures un grand nombre de défeutreurs-réunisseurs ne produisant pas les cannelles, et qui ne font simplement que déverser les rubans dans des pots en fer-blanc.

La machine représentée par les fig. 5, 6 et 7 de la pl. 21, est employée dans ce cas spécial, c'est-à-dire pour mettre en cannelles ou grosses bobines les produits du défeutreur-réunisseur lorsque celui-ci déverse ses rubans dans des pots en fer-blanc. La machine à cannelles est donc inutile, dans une préparation où les défeutreurs, munis de va-et-vient, confectionnent eux-mêmes les cannelles destinées au réduit. Mais dans le cas contraire, elle rend de très-bons services, et ses bonnes dispositions ainsi que sa construction soignée et bien entendue en font un excellent petit appareil.

La fig. 5 représente cette machine en élévation, vue de face;

La fig. 6 en est une vue du côté de la commande;

Et la fig. 7, une section transversale faite par le milieu.

Le bâti de cette machine est formé de deux montants en fonte A et A', réunis par la table ou porte-système de même métal B, et par l'entretoise en fer *b*. Deux traverses en fonte C, munies de paliers, sont fixées à l'intérieur des montants A et A' et supportent l'arbre moteur D, garni extérieurement des deux poulies en fonte E E', l'une fixe, l'autre folle sur l'arbre. L'autre extrémité de l'arbre D porte un engrenage F, qui engrène avec une roue F', de même diamètre, montée à l'extrémité d'un

axe *f*, sur le milieu duquel est fixé le petit tambour en fonte G, dont la circonférence est garnie de petites cannelures peu profondes et régulièrement espacées. L'axe *f* tourne dans deux supports *a a'* fixés sur le porte-système B. Ces supports présentent un bras saillant qui porte une tige en fer *h*, sur laquelle glisse librement l'entonnoir mobile H, destiné à guider la mèche pendant l'envidage.

Le mouvement alternatif dont cet entonnoir est animé sur la tige *h*, est produit au moyen d'un levier en fer plat I, qui s'attache, par la partie supérieure, au pied même de l'entonnoir H, et par la partie inférieure, à un petit levier articulé *i*, servant de centre d'oscillation et fixé par une vis à l'entretoise *b*.

Le levier I reçoit un mouvement de va-et-vient par l'intermédiaire de la petite bielle en fer J, qui y est attachée d'un bout, tandis que de l'autre bout elle est reliée au bouton d'une petite manivelle *j*, dont l'axe, muni d'un pignon d'angle *k*, tourne dans un petit support *r* fixé à l'intérieur du porte-système B. Le pignon *k* reçoit la commande du pignon *k'*, de même diamètre, fixé sur un axe supporté par le porte-système, et garni extérieurement d'une roue d'engrenage K, commandée par une roue semblable K', calée sur l'arbre moteur.

CONFECTION D'UNE CANNELLE. — Le tambour cannelé G fait l'office de rouleau d'appel, c'est sur sa circonférence que se place le mandrin en fer *m* qui constitue l'axe de la cannelle. Pour que l'appel du ruban se fasse convenablement, il est essentiel de produire sur le mandrin *m* une assez forte pression, ce que l'on obtient au moyen d'une combinaison de leviers et de poids que nous allons faire connaître.

Le mandrin *m* est un peu plus long que le tambour G, et sur ses deux extrémités reposent, au moyen de petits coussinets en bronze, deux tringles méplates en fer M, qui descendent vers le sol pour se réunir à une tige *n* articulée avec le levier horizontal N, lequel a son point d'oscillation sur le boulon *o* formant entretoise. L'extrémité postérieure du levier N se prolonge pour recevoir le contre-poids O, et l'autre extrémité est terminée par une pédale N'.

L'écartement des tringles M est maintenu par deux longs goujons *o'*, munis à la hauteur de l'axe du tambour G d'embases, pour glisser dans des rainures-guides pratiquées dans les supports *a* et *a'*.

La pression du poids O s'exerce donc sur le mandrin par l'intermédiaire des tringles M, et peut être facilement suspendue en appuyant le pied sur la pédale N' du levier N.

Lorsque l'ouvrière chargée du soin de la machine veut mettre en train une nouvelle cannelle, il lui faut d'abord faire pression sur la pédale pour soulever les tringles M sous les coussinets desquelles elle introduit le mandrin *m*, qu'elle a préalablement garni de papier fort, pour constituer le fût de la cannelle. Puis, après avoir enroulé à la main quelques tours de ruban, elle abandonne le levier N, dont le poids O fait pres-

sion sur le mandrin, lequel se trouve entraîné par le tambour G, ce qui détermine l'enroulement du ruban.

Pendant le mouvement de rotation du tambour d'appel et du mandrin *m*, l'entonnoir H est animé d'un mouvement de va-et-vient qui force le ruban à s'enrouler suivant une hélice assez allongée, afin de donner à la cannelle toute la solidité désirable. Avant de se rendre sur le mandrin, le ruban passe entre quatre petites tiges en fer *r* logées dans l'intérieur du cadre de l'entonnoir H, de manière à déterminer un frottement et par suite une tension suffisante pour que la cannelle soit convenablement serrée.

Il est important que chaque cannelle ait une longueur de ruban uniforme pour être placée derrière le réduit; ce résultat est atteint par un compteur qui est établi sur le côté de la machine, afin d'opérer le débrayage lorsque le ruban envidé est arrivé à la longueur voulue.

A cet effet, sur l'axe du tambour G est fixé un petit pignon engrenant avec la roue P montée sur un axe relié au bâti par le support *q*. L'axe de la roue P porte à l'autre extrémité une vis sans fin *p'* qui engrène avec la roue p^2, laquelle est garnie sur une de ses faces d'un goujon *r'*, qui vient buter sur un levier *s*, dont le point fixe est pris sur le support *a*. Le levier *s* porte une petite tige verticale *s'* guidée par un piton sur ce même support, et placée directement au-dessous d'un ressort *t*, fixé à l'extrémité du levier de débrayage S ; ce dernier oscille autour du centre *u* pris sur le support *q'* fixé sur le bâti A,

L'extrémité inférieure du levier de débrayage S, actionne une pièce en fonte S' qui glisse sur l'arbre moteur, et dont une des extrémités se prolonge en forme de bras pour porter la fourchette de débrayage S^2, qui embrasse la courroie motrice. Un ressort à boudin E' agit sur la pièce S' pour tenir la courroie sur la poulie folle. Le but du ressort *t* est de maintenir la courroie embrayée, en s'appuyant sur le support *a* et en écartant le levier S, lequel fait reculer la pièce S' en allongeant le ressort E'.

Lorsque la machine est mise en marche, le pignon fixé sur l'axe du tambour G fait tourner la roue P ainsi que la vis *p'* qui donne le mouvement à la roue p^2. Quand le tambour a fait le nombre de tours voulu pour opérer l'enroulement d'une longueur déterminée, le goujon *r'* de la roue p^2 se trouve placé sous le levier *s* qu'il soulève ainsi que la tige *s'*, laquelle soulève à son tour le ressort *t* et le force à abandonner le bâti *a*. Le ressort E' agit alors sur la pièce S' qui se déplace sur l'arbre moteur, et la courroie passe de la poulie fixe sur la poulie folle.

Le nombre de tours que fait le tambour pour la confection d'une cannelle peut être facilement modifié en changeant la roue p^2, qui détermine l'arrêt de la machine. En effet, chaque dent ajoutée à la roue p^2 retarde d'un tour de la vis sans fin le moment de l'arrêt de la machine. Mais pendant que la vis sans fin fait un tour, le tambour en fait huit, puisque le pignon fixé sur son axe est huit fois plus petit que la roue P.

Donc, chaque dent ajoutée au pignon p^2 retarde l'arrêt de 8 tours du tambour G; mais comme celui-ci a un diamètre de 240 millimètres, il développe par tour 754 millimètres, on a donc pour 8 tours 6m032.

La roue P peut aussi être remplacée par une autre d'un diamètre plus ou moins grand, afin d'arriver à donner à la cannelle la longueur de ruban voulue.

APPAREIL HYDRAULIQUE A RÉGULATEUR

ET A TUBE DISTRIBUTEUR ÉQUILIBRÉ.

M. Perret, ingénieur civil, attaché au chemin de fer du Midi, a imaginé un appareil qui peut être une pompe à élever l'eau s'il est commandé par un moteur, ou une machine motrice à colonne d'eau, si on peut disposer d'une chute. Voici une description sommaire de cet intéressant appareil, que nous empruntons au journal *la Gironde*, en attendant que nous en donnions une description complète avec figures.

Cet appareil est composé d'un cylindre en bronze placé dans une boîte en fonte formée de deux enveloppes concentriques. La première communique avec le tube de refoulement; c'est elle qui entoure complétement le cylindre. La seconde qui enveloppe le tout, communique avec le tuyau d'aspiration.

Le piston a sa tige réunie à une bielle qui reçoit le mouvement d'un arbre sur lequel se trouve monté le volant et deux manivelles motrices. Sur cet arbre est aussi calé un excentrique qui a pour but de commander le tiroir de distribution; mais, détail extrêmement ingénieux, ce tiroir n'est autre chose que le cylindre lui-même, lequel, animé aussi d'un léger mouvement de va-et-vient, présente, au moment voulu, ses lumières à celles ménagées dans les enveloppes: il n'y a pas de soupapes.

Le corps de pompe qui, comme on l'a dit, remplit les fonctions de tiroir, étant complétement environné d'eau, ne fait éprouver d'autre pression aux organes de friction que celle qui résulte de son propre poids. On pourrait le faire disparaître en tenant l'appareil vertical. Il n'y a pas de pertes de liquide possibles que par les joints de contact des surfaces en mouvement, qui sont ajustées avec beaucoup de soin.

Les pertes de travail, très-notables pour les tiroirs ordinaires se mouvant sous une forte pression, se réduisent ici à celles développées dans les boîtes à étoupe par les organes qui commandent l'excentrique.

Placé sous une chute d'eau motrice, l'appareil devient une machine à colonne d'eau susceptible d'utiliser de grandes chutes et de petits volumes d'eau. C'était même l'idée première de M. Perret. Dans ce cas, les tubes changent de fonctions. Celui d'élévation devient tuyau d'amenée, et celui d'aspiration tuyau d'écoulement. Quand ils ne sont pas étranglés par des robinets, se trouvant pleins de liquide, la machine jouit de la même propriété que la turbine Kœchlin, c'est-à-dire qu'elle utilise la chute entière, le moteur étant placé en haut, en bas, ou en un point intermédiaire pris entre les deux niveaux. Il va sans dire qu'employée comme moteur, la machine commande son arbre et n'est pas conduite par lui.

MACHINE

A PERCER LES PIERRES DURES

Par M. LESCHOT, Ingénieur à Paris

En visitant tout récemment l'établissement de M. Eugène Pihet fils, qui a succédé à son beau-père, M. Carillon (1), pour la construction des machines de différents genres, nous avons vu fonctionner avec un très-grand intérêt, un nouvel appareil appliqué à percer la pierre dure, et qui a été imaginé par un ancien élève de l'École centrale des arts et manufactures, M. Leschot, ingénieur civil.

Cette machine, pour laquelle l'auteur a pris un brevet d'invention de quinze ans, le 19 juillet 1862, est appelée à rendre de grands services dans ces immenses travaux que l'on entreprend aujourd'hui partout, soit pour faciliter les exploitations industrielles, soit pour établir et multiplier les communications par de nouvelles routes ou des chemins de fer à travers les montagnes et des points difficilement accessibles.

Elle repose sur un idée bien simple, *l'emploi du diamant noir,* dont le prix est comparativement très-faible par rapport à celui des diamants purs et brillants qui servent presque exclusivement dans la joaillerie et la bijouterie.

On se rappelle sans doute avoir remarqué, non sans quelque curiosité, à l'Exposition universelle de 1855, et dans les différentes expositions industrielles qui ont eu lieu depuis, soit à Paris, soit ailleurs, les riches objets d'art en pierre dure et en marbre, qui ont été exécutés par M. Hermann, ingénieur mécanicien, dont nous avons publié les diverses machines propres à la fabrication du chocolat.

Ces objets, qui ne le cèdent en rien, sous le rapport de la parfaite exécution, aux sculptures les plus finies, ont été confectionnés sur des tours et des machines à raboter ou à percer, dans lesquelles le burin et

(1) M. Carillon, dont nous avons eu à déplorer la perte l'année dernière, était un mécanicien fort habile, aussi modeste qu'intelligent, à qui l'on doit des innovations très-intéressantes, particulièrement dans la fabrication mécanique des glaces, où il a fait faire un grand progrès, en imaginant et en exécutant des machines à polir qui ont permis d'obtenir beaucoup plus d'exactitude et de régularité dans la planimétrie des surfaces, tout en réalisant de grandes économies dans la main-d'œuvre.

le foret sont remplacés par des morceaux de diamant noir, enchâssés au bout d'une tige d'acier que l'on fixe, comme l'outil ordinaire, sur un support à chariot, ou sur un mandrin tournant.

M. Hermann est arrivé, on peut le dire, avec ce diamant, à produire des résultats vraiment très-remarquables. Il suffit, pour s'en convaincre, de voir sa belle fontaine monumentale en granit de Laber (Finistère), tournée et polie, qui est encore exposée aux Champs-Elysées près du Palais de l'industrie; la hauteur totale de cette fontaine est de 6 mètres, et sa vasque inférieure, d'une seule pièce, n'a pas moins de 3m 40 de diamètre. Parmi les objets artistiques renfermés dans la belle vitrine qu'il avait à la dernière Exposition des beaux-arts appliqués à l'industrie, nous avons admiré :

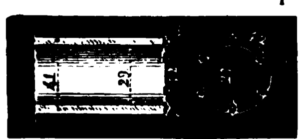
Une urne funéraire de 80 centimètres de hauteur, d'un seul morceau de porphyre rouge de Finlande, pareil à celui du tombeau de Napoléon Ier aux Invalides. Une colonne tirée d'une bordure de trottoir en granit de Fermanville (Manche). Des coupes tirées d'un pavé de Quenast, d'un galet de la plage de Fécamp, d'un fragment du temple de Memphis, rapporté en 1830 par M. le baron Taylor. Des vases en agate rubanée, en granit orbiculaire de Corse, en vert d'Orezza (Corse), en Labrador, en pouding jaspé du Canada, en granit de Laber, des Vosges, en granit oriental, en porphyre antique et en porphyre de Suède, etc.

L'un de ces beaux vases, haut de 60 centimètres environ, et orné de bronze ciselé, a été acheté par S. M. l'Empereur au prix de 3,000 francs.

Jusqu'en 1855, le diamant noir, comme outil travaillant, n'avait guère été employé qu'en petit par quelques bijoutiers ou horlogers, pour tourner ou ajuster des pierres fines.

Nous croyons que M. Hermann est le premier qui l'a appliqué à la mécanique sur une grande échelle; et M. Leschot a voulu démontrer qu'il était susceptible de rendre des services dans le percement si difficile des roches et pierres dures.

A cet effet, il a eu la bonne pensée de disposer plusieurs petits diamants sur la base d'une virole ou plutôt d'un tube en acier, n'ayant pas plus de 5 à 6 millimètres d'épaisseur, et d'un diamètre de 4 à 5 centimètres, selon la grandeur des trous que l'on veut percer. Sa longueur varie elle-même selon la profondeur des trous.



Les morceaux de diamant sont logés dans des entailles faites sur les bords mêmes du tube et sertis de façon à désaffleurer la surface du métal en tout sens, d'une très-petite quantité, comme on le voit sur la figure ci-contre. Ils sont ainsi très-solidement maintenus, et ne peuvent pas se détacher pendant le travail, car la pression qu'ils reçoivent par le bout et sur les côtés les retient bien à leur place.

Cette virole rappelle, pour le mode de travail, l'anneau en fer muni

de lames d'acier de la machine à faire les tuyaux en bois, imaginée, il y plusieurs années, par MM. Trottier et Schweppé, mécaniciens à Angers, et dont nous avons donné le dessin et la description dans le vol. XII du *Génie Industriel*. On sait que ces constructeurs ont fabriqué par ce procédé un très-grand nombre de tuyaux de différents diamètres, qu'ils garnissent de coltar et qu'ils appliquent particulièrement aux conduites de gaz et même aux conduites d'eau qui n'ont pas de trop grandes pressions. Cette machine, qui fonctionnait à l'Exposition industrielle de Bordeaux en 1859, a valu à ses auteurs une haute récompense.

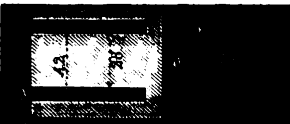
Nous avons vu percer, avec la machine exécutée chez M. Pihet, des morceaux de granits extrêmement durs, envoyés du midi par des entrepreneurs qui ont besoin de tels outils pour traverser les roches qu'ils rencontrent dans leurs travaux de terrassement.

La machine est montée très-simplement et de façon à pouvoir être facilement déplacée et transportable à volonté. En principe, elle a quelque analogie avec le système portatif que nous avons publié pl. 8, tome XIV. Le tube d'acier, armé de ses diamants, se prolonge pour former un axe animé d'un mouvement de rotation qui lui est imprimé, soit simplement par un homme appliqué à une manivelle, avec l'intermédiaire d'engrenages, soit au besoin par un autre moteur. La pression ou l'avancement de l'outil est produit par un pignon qui engrène avec une crémaillère; et l'axe transversal, qui porte la manivelle et le volant ou la poulie motrice, est disposé de telle sorte que l'on peut toujours avoir la faculté de commander d'un côté ou de l'autre; ce qui est souvent utile dans le percement de galeries souterraines.

Tout le mécanisme, à l'exception de la poulie motrice et le volant ou la manivelle, est logé entre deux flasques en fonte, qui servent de supports à l'appareil, et qui se terminent, d'une part, à la partie supérieure par une vis de rappel et un fort écrou à oreilles, pour le fixer solidement dans la galerie où il travaille, et de l'autre par deux petites roues ou galets en fonte, à l'aide desquels un homme peut aisément le faire rouler, lorsqu'on veut le changer de place, comme une espèce de *diable*, ou de brouette de moulin à blé.

Cette disposition de deux flasques parallèles entre lesquelles se place le mécanisme, est due à M. Pihet, qui a cherché à rendre l'appareil commode, facile à manœuvrer et à transporter. Elle présente une symétrie qui est très-avantageuse pour le travail, puisqu'elle permet de lui donner une position quelconque, de manière à faire travailler l'outil dans toutes les directions désirables, soit dans des plans verticaux ou horizontaux, soit dans des plans obliques, et de plus, de lui communiquer le mouvement aussi bien d'un côté que de l'autre, ce qui n'avait pas lieu avec les dispositions précédentes, lesquelles laissaient à désirer sous ce rapport en ne permettant pas d'approcher souvent assez près des parois latérales.

On a le soin de faire arriver constamment sur la partie même de la pierre attaquée par l'outil un filet d'eau, qui, en facilitant le travail, empêche l'échauffement, et fait dégager constamment la poussière qui s'en détache.



Avec ce mode adopté par M. Leschot, on voit que les trous pratiqués ne sont pas cylindriques, comme on les a fait jusqu'ici, la pierre n'est pas percée suivant le diamètre de l'outil; on enlève seulement une partie très-faible, c'est-à-dire un anneau cylindrique *a* (voir fig. ci-contre), laissant au centre une sorte de boudin ou de petit cylindre qui, lorsque l'outil est retiré, se détache aisément dès que l'on introduit un coin dans l'anneau et qu'on exerce un simple effort. Lorsque l'outil a un diamètre extérieur D, de 48 millimètres, et un diamètre intérieur *d*, de 28 millimètres, le rapport entre la section du trou annulaire et celle du trou complet est environ : 7 à 13,
car on a

$$\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}$$

$$\text{ou } \frac{3{,}14 \times 42^2}{4} - \frac{3{,}14 \times 28^2}{4} = 1385^{\text{mm.q.}} - 616 = 769^{\text{mm.q.}}$$

Et quand les diamètres D et *d* sont de 50 et 36 millimètres, on a

$$\frac{3{,}14 \times 50^2}{4} - \frac{3{,}14 \times 36^2}{4} = 1963^{\text{mm.q.}} - 1018 = 945^{\text{mm.q.}},$$

soit une différence de plus de moitié. Il y a donc par cette disposition une économie de force motrice très-notable.

La machine de M. Leschot est spécialement applicable aux pierres dures, elle permet d'opérer avec beaucoup plus de rapidité et d'économie qu'on ne l'a fait jusqu'à présent par les moyens ordinaires. Ainsi un homme peut sans peine arriver à percer des trous de 40 à 50 centimètres de profondeur par heure de travail; c'est à peine ce que l'ouvrier qui perce à la main peut produire dans toute sa journée.

On comprend alors les services qu'un tel appareil doit rendre dans les exploitations de carrières et de travaux publics.

Nous avons également vu chez M. E. Pihet les dessins d'un très-beau tour en fonte destiné à aléser et à tourner les pièces de canon de différents calibres, et que ce constructeur a été chargé d'exécuter pour le gouvernement français. Nous aurons à publier cette machine qui présente des particularités vraiment remarquables.

TRAVAIL DU BOIS

SCIERIE A RUBAN OU A LAME SANS FIN

POUR CHANTOURNER ET DÉBILLARDER

ET

SCIERIE A MOUVEMENT ALTERNATIF

A DÉCOUPER

Construites par MM. BERNIER aîné et F. ARBEY

INGÉNIEURS-MÉCANICIENS A PARIS

(PLANCHE 22)

Dans le précédent volume, nous avons fait connaître plusieurs types modernes de scieries mécaniques perfectionnées, fixes et locomobiles, pour débiter les bois en grume et les bois équarris en madriers et en planches. Ce travail est loin d'être le seul que les scies mécaniques effectuent, on les emploie très-avantageusement, comme on sait, surtout depuis quelques années, au chantournage, suivant toute sorte de plan, d'un grand nombre de pièces de menuiserie et d'ébénisterie, et au découpage d'ornementations les plus légères et les plus délicates.

Pour chantourner et débillarder, la scie à lame sans fin donne les meilleurs résultats, tandis que pour découper on a recours à la petite scie à mouvement alternatif. Il y a bien encore les scies circulaires, auxquelles nous consacrerons très-prochainement une planche spéciale. Nous ne devons nous occuper dans cet article que des deux premiers systèmes, qui, maintenant très-répandus, permettent d'obtenir à la fois une régularité parfaite dans les produits et une grande économie de main-d'œuvre.

La scie à mouvement alternatif à découper ne présente en principe rien de nouveau, c'est une réalisation mécanique simple et avantageuse du travail à la main. La construction seule, le montage des pièces, le réglage facile de la lame pour sa tension, son remplacement et son affûtage constituent les perfectionnements que nous signalerons en décrivant

la machine à découper construite par MM. Bernier et Arbey, et représentée par les fig. 11 à 15 de la pl. 22.

Les scies à ruban ou à lame sans fin, quoique déjà anciennes (nous en avons donné l'historique, en 1846, dans le vol. v de ce Recueil, en publiant la grande scierie à lame sans fin inventée par M. Thouard) se sont répandues moins rapidement que les scies alternatives, parce qu'elles ont présenté pendant longtemps d'assez grandes difficultés dans l'exécution et dans la manœuvre. Mais un constructeur intelligent, M. Périn (1), a su les faire disparaître par des dispositions simples et ingénieuses. Ces dispositions reposent principalement sur l'emploi de lames minces et étroites, et de guide-lames en bois fendus pour lui livrer passage; ces guides, agissant très-près de la pièce à chantourner, maintiennent la lame au point même où elle travaille, de sorte qu'ils évitent les vibrations que produirait sans cela la grande vitesse dont la lame doit être animée pour bien fonctionner.

Ces dispositions, simples en elles-mêmes, mais pourtant très-importantes une fois trouvées et rendues plus efficaces par un mode de construction bien entendu, destiné à faciliter le service de la machine, éviter le glissement de la lame sur les poulies et à lui donner une tension facultative, ont amené la réussite complète de ce genre de scie, qui maintenant ne paraît pouvoir être remplacé avantageusement pour obtenir économiquement les nombreuses pièces de formes variées dont on fait usage dans la menuiserie, l'ébénisterie et le modèle.

Nous allons d'abord décrire en détail une bonne scierie à lame sans fin construite par MM. Bernier et Arbey, et nous ferons connaître ensuite les dispositions spéciales de la scie à découper des mêmes constructeurs.

DESCRIPTION DE LA SCIERIE A LAME SANS FIN

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 5 DE LA PL. 22.

La fig. 1 est une élévation de cette machine, vue du côté des poulies de tension du ruban de scie;

La fig. 2 la montre de face, la table coupée et les deux colonnes de devant qui la supportent brisées pour laisser voir la transmission de mouvement;

La fig. 3 est un plan vu en dessus du bras en fonte qui supporte la poulie supérieure;

La fig. 4 représente le mode d'assemblage du palier supérieur dans la coulisse qui permet, à l'aide d'une vis de rappel, de régler l'écartement des poulies;

La fig. 5 est une section de l'une de ces poulies.

(1) M. Périn est resté propriétaire d'un brevet pendant 15 ans pour la disposition spéciale du guide de la lame; ce brevet a été pris le 29 août 1840, au nom de mademoiselle Crépin.

Le bâti de cette machine est composé d'un fort montant vertical A, fondu d'une seule pièce avec la plaque d'assise A′ et les deux consoles renversées A², qui reçoivent les paliers *d* de l'arbre de transmission *a*. Deux petites colonnes en fonte B′ supportent le devant de la table B, soutenue à l'arrière par le bâti A.

A la partie supérieure de celui-ci est ménagée à la fonte une coulisse taillée à queue d'ironde pour recevoir le coulisseau *b*′ du palier *b*², destiné à supporter l'arbre *a*′ de la poulie supérieure P′.

Cette poulie est placée dans le même plan vertical que celle inférieure P, clavetée au bout de l'arbre moteur *a*, afin que la lame de scie S, soudée et rivée bout à bout de manière à former un ruban sans fin, puisse se maintenir comme une courroie sur les deux poulies, lesquelles doivent être tournées exactement de même diamètre, bien égales en poids, enfin parfaitement équilibrées, afin d'éviter les vibrations de la lame et par suite sa rupture.

Pour donner plus d'adhérence à celle-ci, et par suite assurer la commande de la poulie supérieure par celle inférieure, c'est-à-dire pour éviter les glissements qui amèneraient une différence de vitesse entre les deux poulies, ce qui serait préjudiciable à la lame, les poulies qui n'ont qu'une joue pour permettre l'introduction de ladite lame ont leur circonférence garnie d'un cuir *c* (fig. 5), qui doit y adhérer bien complétement.

C'est pour permettre la tension à volonté de la lame chaque fois que cela est jugé nécessaire, que le palier *b*² de l'arbre *a*′, qui porte la poulie supérieure P′, est munie d'un coulisseau pouvant glisser verticalement dans le montant du bâti. A cet effet, à ce coulisseau est vissée une petite pièce en bronze *c*′ (fig. 4), qui maintient prisonnière, sans pourtant l'empêcher de tourner, l'extrémité supérieure de la vis C munie du petit volant à manette C′. Cette vis traverse un écrou *d* fixé au bâti, de sorte qu'en tournant le petit volant C′ à droite ou à gauche, on fait monter ou descendre, à volonté, le support *b*², et par suite on rapproche ou on éloigne facultativement la poulie supérieure de celle inférieure, tout en conservant le parallélisme de la lame, à laquelle on donne ainsi plus ou moins de tension.

L'arbre *a* de la poulie inférieure, qui tourne dans les paliers *d*′ fixés sur les consoles A², est muni des deux poulies *p* et *p*′, l'une fixe, recevant la commande du moteur, et l'autre folle, pour permettre de l'interrompre à volonté. On ajoute ordinairement un frein qui agit sur la circonférence de la poulie fixe ou sur une poulie supplémentaire calée sur l'arbre moteur, afin d'arrêter rapidement le mouvement de la lame, et éviter ainsi les accidents que sa rupture pourrait occasionner.

Les guides de la lame ne sont autres, comme nous l'avons dit, que de simples taquets de bois E et E′, fendus par un trait de scie, pour livrer passage à la lame et la maintenir très-près de la pièce que la scie

débite; dans ce but, l'un de ces guides, celui inférieur E, est placé directement sous la table de travail B et engagé dans un collier pourvu d'une vis à tête plate *e*, qui permet de le maintenir d'une manière rigide; quant au guide supérieur, il est monté de telle façon que sa distance, par rapport à la table, peut être modifiée suivant les hauteurs variables des bois à chantourner.

Ce dernier résultat est obtenu au moyen de la tige D, dont la partie inférieure est munie d'une chape dans laquelle pénètre le guide E′ retenu par la vis de pression *e′*. Cette tige peut être arrêtée, au moyen d'une vis de serrage *f*, à une hauteur facultative, en la faisant glisser dans les douilles des bras en fonte D′, rapportés dans ce but au sommet du bâti.

Cette tige sert encore à supporter, au moyen des équerres en fer *f′*, un petit volet en bois F, destiné à être ramené dans la position indiquée en lignes ponctuées, fig. 3, afin de garantir l'ouvrier du contact de la scie lorsqu'il présente la pièce à œuvrer à son action. Un recouvrement semblable F′ (fig. 3, et indiqué en lignes ponctuées fig. 1), monté à charnières contre le bâti, enveloppe le brin de scie de gauche, afin d'éviter également de ce côté toutes chances d'accidents.

Fonctionnement de la machine et organes accessoires. — Pour faciliter la manœuvre de certaines pièces d'ébénisterie ou de menuiserie qui présentent des surfaces gauches difficiles à chantourner, comme, par exemple, le pied de table représenté fig. 6, (que nous avons vu exécuter dans un bloc de bois et entièrement achevé à la scie à ruban, avec des arêtes vives et un fini irréprochable) M. Périn et d'autres constructeurs ont disposé des tables mobiles permettant leur inclinaison suivant différents angles. Ces tables mobiles, qui compliquent toujours un peu les machines, présentent en outre des difficultés de manœuvre, surtout pour les pièces à œuvrer un peu volumineuses et par conséquent déjà d'un poids assez considérable. Il faut, en effet, que l'ouvrier fasse des efforts relativement grands pour maintenir et guider un bloc de bois déjà lourd sur une table qui, présentant une surface inclinée, a une tendance naturelle à laisser glisser ce bloc sous l'action de son propre poids.

Guide. — MM. Bernier et Arbey préfèrent supprimer la mobilité de la table et faire usage dans le même but d'un guide tel que celui représenté fig. 7, au moyen duquel on peut présenter les blocs de bois à la scie, suivant tous les angles. Ce guide n'est autre qu'une sorte de pince composée simplement de deux planchettes G et G′ munies des vis de serrage *g* pour retenir le bloc à découper. Ces planchettes sont fixées sur un étrier en fer *g′* monté à charnière sur une tablette horizontale H, laquelle est, en outre, munie d'un secteur *h*, dans la coulisse duquel peut glisser librement un boulon fixé à l'étrier, de sorte que l'on peut, au moyen d'un écrou, arrêter celui-ci dans telle position angulaire que nécessite la section que l'on veut opérer.

On peut donc, à l'aide de ce guide, maintenir la pièce sur une table parfaitement horizontale et par suite la diriger sans difficulté, tout en conservant l'avantage que possèdent les tables mobiles, de présenter le bloc à la scie sous un angle variable à volonté.

Affutoir. — Un petit appareil, indispensable lorsqu'on fait usage des scies à lame sans fin, est *l'affûtoir* représenté en élévation, en plan et en section transversale par les fig. 8, 9 et 10. Il consiste en un châssis en bois H' muni des deux tourillons *i* et *i'*, qui reçoivent les poulies I et I'; on opère la tension de la lame en éloignant la seconde poulie de la première, au moyen de la petite manivelle *j* et de la vis *j'*, qui traverse l'écrou *h'*, lequel est muni du tourillon *i'*.

La lame, convenablement tendue, passe entre les mâchoires d'un petit étau J vissé contre le châssis H'. La mâchoire mobile de cet étau est montée à charnière sur la mâchoire fixe, et le serrage de la lame entre elles deux est produit au moyen de la manette J' qui, en tournant, présente une saillie excentrée ménagée dans les tourillons, pour rapprocher les deux mâchoires.

Lorsque les dents comprises dans la portion de la lame qui est serrée entre les mâchoires ont été limées, on ouvre celles-ci, et on fait glisser la lame d'une longueur correspondante, puis on referme l'étau pour limer à nouveau, et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les dents soient affûtées.

Confection de la scie. — Nous avons déjà indiqué, dans le cinquième volume, les procédés employés par les maisons Peugeot et Couleaux pour la fabrication des lames sans fin destinées aux scieries mécaniques. Nous devons ajouter, aujourd'hui, pour compléter ce sujet, le moyen que M. Périn met en usage pour ses lames de scies étroites :

On fait ces lames avec des ressorts en acier d'une largeur proportionnée aux courbes qu'on veut obtenir, et on taille les dents par les moyens ordinaires; on réunit les bouts en les brasant ensemble. A cet effet on lime en biseau, sur une longueur de 1 centimètre, les deux extrémités de la lame que l'on réunit ensuite en les appliquant le long d'une gâche dont le milieu est pris dans unétau ; chaque bout est serré sur les pattes de la gâche avec deux petits étaux à main, de sorte que l'on peut réunir les deux biseaux avec du fil de fer et les envelopper ensuite avec du laiton.

Dans cet état on retire les étaux à main, et, à 2 centimètres du joint, on introduit de chaque côté la moitié d'une pomme de terre, afin d'empêcher que la chaleur ne se communique et ne détrempe une grande longueur de lame.

Après avoir mouillé le joint, on le saupoudre de borax, et, avec un feu disposé à chauffer seulement la longueur de la brasure, on fait fondre la soudure. Lorsque celle-ci a coulé dans le joint, on retire le feu, on laisse la lame revenir, et, avant qu'elle soit entièrement refroidie, on jette

dessus un peu d'eau; après quoi on plane la lame et on la lime à la dimension voulue.

FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL. — L'arbre de transmission *a*, muni de la poulie motrice *p*, doit être animé d'une vitesse de 450 à 500 tours par minute; et comme les poulies P et P′ entourées par la lame sans fin ont 0^m735 de diamètre, ce qui correspond à une circonférence de

$$0^m735 \times 3,1417 = 2^m309,$$

on voit que la marche rectiligne de cette lame est alors de

1,000 à 1,100 mètres par minute ;

car on a :

D'une part, $2,309 \times 450 = 1,309$ mètres,

Et de l'autre, $2,309 \times 500 = 1,154$ mètres.

C'est environ une moyenne de 1,100 mètres,

Soit une vitesse de 16 à 18 mètres par seconde.

Quelques constructeurs augmentent encore cette vitesse de la scie, jusqu'à lui faire parcourir 1,500 mètres par minute; mais la vitesse de 1,000 à 1,100 mètres nous paraît suffisante et déjà bien supérieure à celle que l'on peut donner aux scies à mouvement alternatif.

De là résulte, relativement à ces dernières, une grande production de travail et une grande économie de force motrice, conséquence de la continuité du mouvement par une transmission simple et facile à établir, comme aussi du peu de frottement de la lame qui est très-étroite.

Le prix du modèle de machine complète telle qu'elle est donnée sur la pl. 22 est de 1,600 francs, prise à Paris dans les ateliers des constructeurs, MM. Bernier et Arbey.

Il n'est seulement que de 1,000 francs quand le bâti est en bois.

DESCRIPTION DE LA SCIE ALTERNATIVE A DÉCOUPER

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 11 A 15 PL. 22.

La fig. 11 représente cette machine en élévation vue de face;

La fig. 12 en est une section verticale faite perpendiculairement à la figure précédente;

La fig. 13 une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2;

Toutes ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/15 de l'exécution.

Les fig. 14 et 15 sont des détails, au 1/10, des assemblages des pièces qui reçoivent le guide supérieur de la lame, et permettent la tension du ressort.

Les dispositions générales de cette machine sont des plus simples : un bâti rectangulaire à angles arrondis A, fondu d'une seule pièce, reçoit les pièces principales de la transmission. Il est recouvert d'une table en fonte B, bien dressée, et traversée par la scie S. Cette table complétement libre et polie donne la facilité de tourner aisément la pièce à découper et de la présenter à la lame dans un plan qui lui est bien perpendiculaire.

Le mouvement rectiligne alternatif de va-et-vient est transmis à la lame de scie par le petit volant à manivelle M, claveté à l'extrémité de l'arbre de transmission *a* qui, supporté de ce côté par un palier fixé sur la traverse A', est prolongé pour recevoir, vers son extrémité opposée, la poulie motrice *p*, à côté de laquelle est montée la poulie folle *p'* destinée à recevoir la courroie quand on veut arrêter le mouvement.

Le petit volant M commande la scie par l'intermédiaire de la bielle en fer L, reliée par le bouton *l* au coulisseau *l'*, auquel l'un des bouts de la lame est fixé. Ce coulisseau, composé d'une lame en acier de faible épaisseur, est à double biseau sur ses bords latéraux afin de pouvoir glisser avec le moins de frottement possible entre ses guides *m*. Ceux-ci sont formés de deux équerres en bronze possédant chacune une rainure pour recevoir le biseau correspondant du coulisseau ; ces équerres sont vissées sur un support vertical en fonte L', boulonné par sa partie inférieure sur la traverse A', et, par sa partie supérieure, à une saillie venue de fonte avec la corniche du bâti sur laquelle la tablette B est fixée.

La lame de scie traverse cette tablette pour venir s'engager entre les mâchoires *n* du guide supérieur N, qui n'est autre qu'une tige en fer bien dressée et de section rectangulaire pour glisser sans tourner dans les deux petits collets en bronze *n'*. Ces collets font partie d'une plaque vissée sur le montant en bois N', muni du grand ressort à palette R, auquel est relié le guide de la lame de scie, afin d'assurer sa tension dans toutes les phases de son mouvement alternatif de va-et-vient.

Pour atteindre ce résultat, il faut avoir le moyen de donner à ce ressort une puissance d'action plus ou moins énergique, c'est-à-dire pouvoir régler à volonté sa tension. Dans ce but, le montant en bois N' est maintenu, au moyen de deux petits boulons avec écrous à oreilles *o* (fig. 12 et 15), contre un montant semblable O fixé au plafond ou contre une colonne de l'atelier. On peut donc serrer et desserrer ces boulons avec une grande facilité, afin d'arrêter la pièce N' sur celle O à une hauteur voulue, en les faisant glisser l'une contre l'autre. Ce dernier résultat est obtenu au moyen d'une petite crémaillère *q*, encastrée dans l'épaisseur de la pièce N (fig. 14), pour engrener avec le pignon *q'* dont l'axe fait partie de la pièce de bois O. Cet axe est muni de la petite roue à rochet *r* garnie de son cliquet, et une manivelle *r'* permet de faire tourner la roue *q'*, de telle sorte que l'on peut à volonté faire monter ou descendre la crémaillère et naturellement avec elle la pièce N, et par

suite éloigner ou rapprocher de la table le grand ressort à palettes étagées R.

Ce moyen permet donc de faire varier aisément et rapidement la distance qui doit exister entre les deux guides de la lame, suivant sa plus ou moins grande longueur, en même temps qu'il donne la faculté de régler sa tension.

Les extrémités de la grande palette flexible du ressort sont reliées au guide de la scie par une corde à boyau *t*, qui passe dans la gorge d'un petit galet *t'* lui permettant de glisser et, par suite, de maintenir l'équilibre de la tension du ressort dans toutes ses positions.

Ce petit galet *t'* est logé dans une chape formant la tête du guide, laquelle vient s'appuyer au repos contre un tasseau T, qui limite la course ascensionnelle, afin que l'effort du ressort, quand la scie ne travaille pas, ne puisse s'exercer sur la lame, d'ailleurs très-mince, très-étroite et conséquemment d'une résistance peu considérable.

Pour obtenir avec ce système de scie alternative un travail prompt et régulier, on doit lui communiquer une vitesse qui peut varier entre 350 à 400 coups par minute, et comme la lame reste toujours bien perpendiculaire au plan de la table, les découpages que l'on obtient ainsi ne sauraient être hors d'équerre, comme cela a souvent lieu par les procédés manuels; aussi les bois découpés au moyen de ces machines n'ont pas besoin d'être retouchés, et les formes contournées, si difficiles à faire à la main, surtout dans les intérieurs, comme par exemple la console à jours représentée fig. 16, sont obtenues sans la moindre difficulté.

Le prix de la scie alternative représentée pl. 22, avec bâti en fonte, est de 450 francs prise aux ateliers des constructeurs; et avec bâti en bois, il est de 300 francs seulement.

PRODUCTION DU COTON

CULTURE, SÉCHAGE ET ÉGRENAGE

MACHINES A ÉGRENER LES COTONS

DES SYSTÈMES

ROLLER-GINS OU CHURKA, SAW-GINS, MAC CARTHY-GINS

PERFECTIONNÉS

PAR MM. LOUP, DUNLOP, PLATT, CHAUFOURIER
ET FRANÇOIS DURAND

(PLANCHES 23 ET 24)

La guerre d'Amérique, en amenant la disette du coton dans toute l'Europe (1), a singulièrement développé la culture, et par suite la consommation des cotons de l'Inde, de l'Égypte et de l'Afrique. Il en est résulté, surtout pour cette dernière contrée où les bras sont rares, un grand intérêt porté sur toutes les machines de première préparation ayant pour but une économie relative de main-d'œuvre, et surtout de donner une plus-value à la matière brute en lui procurant des qualités qui lui permettent de rivaliser avec des produits plus appréciés de provenance favorisée. Aussi les machines à égrener, importantes dans ce dernier cas, et qui sont restées pendant si longtemps à l'état primitif, ont-elles été l'objet, dans ces dernières années, de nombreux perfectionnements. Nous nous proposons d'en donner un aperçu historique et de faire connaître ensuite les meilleurs systèmes actuellement en usage.

Mais auparavant, comme nous n'avons pas encore traité ce sujet important dans notre Recueil, nous dirons quelques mots sur la culture et la cueillette du coton, en rappelant que dans le tome XIV° nous avons publié une note fort intéressante extraite des rapports du Jury

(1) On estime que sur les 4 millions de balles de coton que l'Europe était arrivée à consommer chaque année, le coton des États-Unis figurait pour un chiffre de 3 millions de balles, d'une valeur brute d'environ un milliard de francs. Le reste était envoyé des Indes, de l'Égypte, du Brésil, etc.

français sur l'Exposition universelle de Londres en 1862, et dans laquelle MM. Barral et Jean Dollfus ont traité la question au point de vue de la production et de la valeur relative des cotons dans les divers pays, en donnant les résultats d'une expertise faite sur 391 échantillons de toutes provenances.

CULTURE DU COTON.

On sait que le coton est un duvet végétal produit d'une plante dite *Gossypium,* originaire du sol, cultivée aux États-Unis, dans l'Inde, en Égypte, en Chine, et dans plusieurs autres contrées. Les botanistes comptent diverses espèces de cotonnier; cinq, huit et même dix espèces, mais les principales sont : le cotonnier herbacé, le cotonnier arbuste et le cotonnier arbre.

La première espèce est de beaucoup supérieure à celle dont l'usage est le plus répandu. Elle pousse à une hauteur d'environ 60 à 65 centimètres, et a des feuilles d'un beau vert sombre veiné de brun, qui sont chacune divisées en cinq lobes. Les fleurs s'épanouissent en une corolle d'un jaune pâle semblable à celle de la mauve, avec un seul large pistil et cinq pétales tachetés de rouge; quand la fleur est tombée, une grosse capsule la remplace entourée par trois feuilles triangulaires, vertes et profondément dentelées.

La capsule a aussi une forme triangulaire avec une extrémité aiguë, et trois loges ou cellules intérieures. Elle grossit peu à peu jusqu'au volume d'une noisette de la plus grande dimension, brunit en mûrissant et finit par s'ouvrir en se couvrant d'une neige éclatante ou d'une laine jaunâtre, suivant la variété à laquelle appartient la plante. L'ensemble ainsi transformé donne trois boules de duvet, une pour chaque cellule primitive, encore adhérente à la graine, de la grosseur et de la forme d'un grain de raisin, mais plus large.

La semence est confiée à la terre dans les mois de mars, d'avril et de mai, et la récolte, à la main, quelques jours après l'ouverture des capsules, c'est-à-dire vers les mois d'août, de septembre et d'octobre. Le cotonnier arbuste pousse dans presque toutes les contrées où le coton herbacé annuel est cultivé. Sa durée varie suivant les climats. Dans quelques endroits, comme aux Indes orientales, il est biennal et triennal; dans les autres, comme dans l'Inde, l'Égypte, etc., il vit de six à dix ans; dans les pays excessivement chauds il est vivace. Son apparence extérieure a une extrême ressemblance avec un buisson de groseillier.

Le coton longue soie, le plus estimé par le commerce (1), paraît être produit par une variété du *gossypium arboreum,* qui est principalement cultivé dans les terrains bas de la portion de la côte des États-Unis, située entre Savannah (Géorgie) et Charleston (Caroline du Sud); de là les noms de *sea Island coton* et de *Géorgie longue soie,* donnés à ce coton, appelé encore *Black seed coton.*

Le coton courte soie, nommé aussi *Upland coton* (coton des hautes terres). *green seed coton,* paraît produit surtout par le *gossypium herbaceum;* il est très-commun dans les Indes orientales, une partie des États-Unis, en Égypte et dans les îles de la Méditerranée.

(1) Rapport du Jury international sur l'exposition universelle de 1862. Tome II.

Le cotonnier de Chine ou de Siam, *gossypium siamense*, présente deux variétés, l'une à laine blanche, l'autre à laine colorée : sa culture est également très-répandue.

Les autres variétés, *gossypium purpuraceum, gossypium vitifolium*, etc., se rencontrent moins fréquemment. Il faut ajouter qu'il est arrivé que de nombreuses hybridations, et aussi les modes de culture usités, ont multiplié les variétés de telle sorte qu'il est très-difficile de préciser scientifiquement toutes les espèces.

La culture proprement dite des cotonniers est assez simple et pourtant variée, dans une certaine mesure, pour chaque contrée ; il serait donc très-long d'analyser ici les diverses méthodes en ce qu'elles ont de particulier, mais nous pouvons, pour donner une idée générale de cette culture, faire connaître les systèmes employés en Égypte, grâce à une note des plus intéressantes, envoyée d'Alexandrie par M. Gustave Burnat à la Société industrielle de Mulhouse, et qui a été lue dans la séance du 24 septembre 1862.

CULTURE EN ÉGYPTE. — Ce pays fournit annuellement à l'Europe 150,000 à 175,000 balles de coton du poids de 150 à 200 kilogrammes. La superficie des terrains cultivés dans la basse Égypte est de 3 millions de feddans (un feddan = 42 ares), dont 350,000 seulement (147,000 hectares) sont cultivés annuellement en coton.

Deux systèmes de culture sont employés : le système *Baali*, qui consiste à laisser au Nil le soin d'arroser à l'époque de la crue le terrain en culture ; le plant reste alors deux ans sur pied ; et le système *Misgawi*, qui est préférable et plus généralement employé. Dans ce dernier cas, la plante est annuelle et arrosée 15 à 20 fois.

On ne revient sur le même terrain qu'au bout de cinq ou six ans. Ce procédé ne peut naturellement être employé que là où il y a des norias (saliek), mais le *fellah* (cultivateur) est pauvre, et une noria est chère de coût et d'entretien. Il y a également d'autres engins d'arrosement qui sont les *barkets* et les *chadoufs*, mais ils ne peuvent être employés, pas plus que la noria, quand le champ est trop distant d'un canal. Un impôt existait autrefois sur les norias, mais il a été aboli.

Le terrain destiné au coton est labouré trois ou quatre fois, si c'est possible, c'est-à-dire si on en a le temps, et arrosé entre chaque labourage. Cette opération dure de trois à quatre mois, soit de décembre à février ou mars. Ce labourage, opéré au moyen de charrues tout à fait primitives, ne fait guère qu'effleurer le sol.

La semence est alors mise en ligne au fond de sillons larges et profonds, et séparés les uns des autres par un ados d'un mètre. Chaque taille est séparée de 50 à 60 centimètres. La semence est mise au fond de trous de 30 centimètres de profondeur ; on en met six ou huit grains, mais quand la terre est salée, il faut en mettre une poignée. On a soin d'y jeter un peu d'eau avant de refermer le trou.

La terre légère et noire est la plus convenable ; la terre sablonneuse l'est moins. Cependant, si elle n'est pas salée, cette dernière peut être propre à la

culture du coton *sea Island*. La jeune plante a besoin de plus de soins dans un terrain salé, mais, à part cet inconvénient, elle y vient bien et donne de bons résultats. Les terrains bas sont naturellement adoptés, car l'arrosement est plus facile, les terrains élevés exigent cependant une dépense d'eau beaucoup plus considérable.

Ceux qui cultivent avec soin, labourent une ou deux fois entre les sillons, si les jeunes plantes ne sont pas assez hautes pour empêcher la charrue de passer. Ces labourages ne se font plus après le mois de juin, époque des premiers arrosages. L'irrigation, après le commencement de la cueillette, est réglée par l'état plus ou moins robuste de la plante.

Les terres cultivées d'après le système *Misgawi* rapportent de 4 à 5 quintaux (1) de coton égrené pour chaque feddan (424 à 529 kil. par hectare), et suivant le système *Baali* seulement de 2 et demi à 3 quintaux (265 à 318 kil. par hectare). Ceci pour les petits terrains, propriétés de fellahs et cultivés par eux-mêmes. Les grandes plantations cultivées à la *Misgawi* ne donnent guère que de 2 et demi à 3 quintaux, et à la *Baali*, de 1 et demi à 2 quintaux (159 à 212 kilogrammes par hectare).

Le bon rendement d'une récolte dépend d'un arrosage répété, d'un binage et d'un sarclage fréquent.

Les brouillards de septembre surtout et les froids de l'hiver détruisent souvent beaucoup de coton. Ils empêchent la coque de s'ouvrir et de se développer.

La qualité du coton récolté est meilleure quand on a le soin de renouveler la semence, en la faisant venir d'une plantation placée à une certaine distance. Il n'a été question jusqu'ici que du coton Jumel, le coton indigène tendant à disparaître. Il se récoltait aussi, il y a quelques années, quelques milliers de quintaux de sea Island, mais cette culture a été en grande partie abandonnée, parce qu'elle était peu productive. Elle exige, d'ailleurs, plus de soins. Le rendement en quantité n'arrive pas à un tiers de celui du Jumel. Des essais en graine de coton Louisiane ont été faits, et le rendement a été d'un tiers plus fort en quantité que celui du Jumel; la couleur en était blanche, mais la soie aussi courte que celle du coton américain. Il est à remarquer, cependant, que la graine du coton américain n'est pas très-oléagineuse. Il y aurait, par conséquent, de ce côté, une perte de quelque importance.

D'après des renseignements fournis à M. G. Burnat, par un cultivateur arabe, le prix de revient du coton, dans les circonstances ordinaires, peut être ainsi établi : l'usage est de calculer trois quarts quintaux coton comme payant tous les frais de culture, par feddan (42 ares), le reste serait bénéfice. Un autre avance la somme de 350 à 380 P., soit de 52 fr. 50 cent., comme payant tous les frais pour le coton *Baali*, y compris l'impôt et l'égrenage. Les frais pour le coton *Misgawi* s'élèveraient, d'après le même, de 900 à 950 P., soit de 135 à 142 fr. par feddan.

Le prix des terres à coton, suivant la qualité et la position, est de 250 à 600 fr. le feddan. Les impôts varient, pour les terrains en rapport, de 50 à 200 P. turques le feddan, soit de 13 à 52 fr. Ces chiffres sont fixés arbitrairement d'après la bonté de la terre, l'éloignement plus ou moins grand d'un cours d'eau, et se perçoivent anticipés.

(1) Le quintal égyptien, en anglais *cantar*, vaut 44.5 kilog., soit près de 45 kilog.

Culture en Chine. — D'après une note publiée pas M. Aug. Haussmann dans le t. XX du Bulletin de la Société de Mulhouse, la Chine possède aujourd'hui le cotonnier herbacé, le cotonnier arbuste et le cotonnier arbre. Ce dernier, très-commun, également à Java, à Singapoor et à Manille, donne un produit d'une soie très-courte, et qui n'est employée qu'à ouater les couvertures de lits, des coussins et les habits des pauvres.

Le cotonnier herbacé et le cotonnier arbuste sont cultivés en Chine sur une très-grande échelle; c'est leur produit qui, filé et tissé constitue l'habillement de l'immense majorité de la nation. Tandis que le riche mandarin se couvre de soie, et dédaigne le tissu modeste de Nankin.

Les provinces où l'on rencontre les plantations les plus considérables de cotonniers sont celles de Ngan-Ouai et du King-Sou, qui formaient jadis la province de Kiang-Nan; celles d'Hannoui, du Chan-Toung, du Téhé-Kiang, du Yunan, du Kiang-Si, du Kuang-Toung, ainsi que les îles d'Haïnan et de Chusan, en possèdent également de belles cultures.

La feuille du cotonnier de Chine ressemble un peu à celle de la vigne, mais elle est beaucoup plus petite; sa fleur a la forme d'un calice. Elle est remplacée par un bouton triangulaire à quatre cloisons, et de la grosseur d'une noix, qui ne tarde pas à noircir, à s'entr'ouvrir et à laisser paraître le duvet qu'il contient. La canne du cotonnier arbre a de 15 à 18 centimètres de longueur. Les branches de cet arbre sont horizontales, et forment plusieurs nappes ou étages parallèles.

Le coton le plus beau et le plus remarquable que produise la Chine, est assurément celui qui sert à la fabrication des toiles connues en Europe sous le nom de nankins. On a longtemps agité la question de savoir si les tissus nankins étaient fabriqué avec lainage ayant déjà, avant toute manipulation, la couleur jaunâtre qui les distingue, ou s'ils devaient cette nuance particulière à une légère teinture. On sait maintenant que le coton dont on se sert pour fabriquer cette étoffe est naturellement de couleur jaune, et qu'il la conserve après la filature et le tissage. La couleur de ce coton, qui se récolte principalement aux environs de Nankin, est attribuée à de l'oxyde de fer, contenu dans les terrains où il croît. Aussi la plante est sujette à dégénérer et à donner du coton blanc lorsqu'elle est transplantée dans un autre sol.

Le coton d'Haïti, de Carracas, de plusieurs parties de l'Inde, et notamment de Purniah et d'Orixa, enfin les cotons jumel de l'Égypte, présentent une teinte qui se rapproche de celle des cotons nankins, et qui persisterait probablement dans le tissu sans le blanchiment.

Les plantes de cotonniers s'élèvent généralement à la hauteur d'un demi-mètre à un mètre; on choisit, pour leur culture, un sol assez riche, mais cependant mêlé de sable et quelque peu humide. Il doit être labouré trois fois et bien fumé; la vase des rivières et des fossés est très-souvent employée à cet usage. Si le terrain est sec, on cherche à y amener un ruisseau. Les paysans ont fréquemment recours, dans ce cas, à une roue à chapelet, au moyen de laquelle ils tirent de l'eau d'un étang ou d'une rivière située à quelques mètres au-dessous du niveau du terrain qu'ils veulent arroser.

Quand les plantes commencent à palisser, l'espace compris entre chaque rangée doit être de temps en temps remué à la bêche. On dit qu'à l'époque où les jeunes arbrisseaux atteignent une certaine dimension, les cultivateurs ont l'habitude de couper l'extrémité de leurs branches, afin d'augmenter le nombre

des cosses et de hâter leur maturité. La récolte a lieu aux mois de septembre et d'octobre.

Dans le nord de la Chine, le coton, après avoir été récolté, est exposé pendant queque temps au soleil, sur de grandes nattes ; puis on procède au nettoyage. Pour cela, on fait passer les flocons chargés de graines entre deux petits cylindres, l'un en fer, l'autre en bois, et plus gros que le premier qui se trouvent placés à la partie supérieure d'un trépied, et qui sont mus par une manivelle (1). On comprend que les graines trop grosses pour passer entre les deux cylindres, tombent du côté où l'on fait entrer le coton, tandis que celui-ci passe facilement de l'autre côté, où on le ramasse. Mais il est encore chargé d'impuretés après cette première opération. Pour l'en débarrasser, on l'étale sur une longue toile bien tendue, et on l'y soumet à un époussetage assez long.

On évalue la production cotonnière de la Chine à 500,000 balles par an.

Culture en Algérie. — Le gouvernement français a beaucoup fait pour doter l'Algérie de la culture du coton. Par deux décrets, en date d'octobre 1853, la culture du cotonnier en Algérie recevait les encouragements suivants :

1° Prix de l'Empereur : 20,000 fr. destinés chaque année à celui des cultivateurs qui présente les cultures les plus belles, les plus étendues ;

2° Prix provinciaux : Primes graduées de 2 à 5,000 fr., attribuées aux cultures les plus étendues ;

3° Primes de 50 p. 0/0 *ad valorem* pour l'introduction et l'installation des machines à égrener ;

4° Distribution gratuite de graines de choix ;

5° Achat direct par l'État, et à prix très-élevés des cotons récoltés (2).

Malgré ces grands encouragements de l'État, la culture du coton s'est peu développée en Algérie de 1854 à 1859 ; ce n'est que depuis la disette absolue des cotons d'Amérique qu'il y a progression dans la production et dans la valeur commerciale des produits, qui sont très-appréciés maintenant et bien classés sur tous les marchés de consommation (3).

En 1861, le système d'encouragement adopté par l'État a été changé, il n'achète plus le coton, il se contente de donner des primes d'encouragement, mais ces primes sont considérables encore. Elles sont de deux sortes : une prime directe de 100 fr. par hectare cultivé en coton, et une prime à l'exportation, de 2 fr. 75 c. par kilog. égrené. Cette prime doit diminuer chaque année de 25 cent. jusqu'à son extinction complète. Elle ne doit plus être, par conséquent, cette année que de 2 fr.

(1) Nous donnons plus loin la description de cet appareil en faisant l'historique des machines à égrener le coton.

(2) Ces prix d'achat étaient les suivants : 7 fr. 75 c., 9 fr. 75 c. et 11 fr. le kilog., tandis que le prix moyen de vente des longues soie d'Algérie, réalisés publiquement au Havre, de 1854 à 1859, n'a pas dépassé 3 fr. 25 c. à 3 fr. 50 c. le kilog.

(3) Aux États-Unis, sur 4 millions de balles de récolte, c'est à peine si le coton longue soie, appelé Sea-Island, figure pour un chiffre de 45,000 balles. On ne le trouve que sur les terrains du bord de la mer. En Algérie, la longue soie réussit dans tous les terrains cotonniers des provinces d'Alger et d'Oran ; et comme le poids récolté par hectare a été jusqu'ici le même en Géorgie qu'en courte soie, on ne s'y occupe guère que du longue soie, dont la valeur est beaucoup plus considérable.

D'après un rapport récent au Corps législatif, on comptait, dans cette année 1861, 356 planteur de coton et 1,209 hectares cultivés qui ont produit, après l'égrenage, 159,632 kilogrammes.

En 1862, suivant un rapport de M. Engel-Dollfus à la Société industrielle de Mulhouse, les ensemencements du printemps avaient été poussés de 2,500 à 3,500 hectares devant produire environ 150,000 à 200,000 kilog. de coton *longue soie*, soit environ 2 p. 0/0 de la production américaine en longue soie. Si depuis un an, ajoute le rapporteur, l'État a cessé d'être le seul acheteur direct du planteur, notre colonie n'en conserve pas moins une situation exceptionnellement favorable à de nouvelles tentatives et à une expérience plus décisive : la culture a été perfectionnée, les espaces ensemencés sont mieux proportionnés au nombre de bras disponibles; le rendement à l'hectare, sans égaler celui des États-Unis, a cependant progressé visiblement; on nous envoie moins de coton de rebut; finalement, la perturbation apportée dans les arrivages des États-Unis a presque doublé le prix du coton, et il faut ajouter à cet encouragement accessif la prime qui résulte de l'allocation que l'État continue à accorder à l'exportation de chaque kilog. de longue soie premier type.

D'après une note de M. Jacques Siegfried publiée dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse*, les frais de culture par hectare, dans la province d'Oran, s'élèveraient à 475 francs, et chaque hectare pourrait donner en moyenne 7 quintaux métriques, soit 700 kilog. de *coton* en graine (ou environ 160 kilog. de coton égrené).

Dans ces dernières années le coton non égrené s'est vendu à un prix moyen de un franc par kilog. ; le produit par hectare est donc :

700 kilog. à 1 fr. le kil.	700 fr.	} = 715 fr.
Plus la vente de tiges.	15 »	
Si on en déduit pour les frais de culture.		475 »
Il reste pour le colon un bénéfice de. . . .		240 fr.

Or, 240 francs de bénéfice net par an pour un hectare dont la valeur ne dépasse pas 400 francs, et n'est souvent que de 2 à 300 francs, c'est évidemment un fort bon résultat.

M. Siegfried, en présence de ces chiffres, n'hésite pas à avancer que si la *culture du* coton est encore si restreinte en Algérie, cela tient particulièrement à ce que ce pays n'est pas encore colonisé comme il devrait l'être. Il croit que la colonisation bien faite en Algérie, et par suite une abondance relative de capitaux et en signalant quelques progrès possibles, on pourrait arriver facilement au compte de culture suivant :

Culture de la terre y compris le loyer du terrain. . .	350 fr.
Égrenage et emballage.	70 »
Transports, frets, assurances, taxe, dons, escompte, intérêts et commissions de vente au Havre.	100 »
Prix de revient par hectare.	520 fr.

A 160 kilog. de production, il faudrait donc, au Havre, pour avoir un bénéfice de 200 fr. par hectare, vendre au prix de 2 fr. 25 c. le demi-kilog.

En résumé, M. Dollfus, qui avait visité l'Algérie en 1863, a déclaré que le succès de la culture du coton était certain et devait être prochain. On ne doit pas tarder à concéder, à nouveau, 24,000 hectares de la plaine de l'Abra, dont 6,000 au moins pourraient être irrigués et employés exclusivement à la culture du coton.

CUEILLETTE ET SÉCHAGE DU COTON.

En Égypte, la première cueillette commence à la fin d'août ou dans les premiers jours de septembre. Les premiers flocons sont souvent ouverts prématurément par le soleil, et si le cultivateur n'a pas soin d'irriguer fréquemment, la soie en devient jaune et faible. Le coton commence à mûrir vers le bas de la plante. Les cueillettes produisant le meilleur coton sont celles d'octobre et de novembre; les gousses sont alors pleines et bien mûres.

Si la température continue à être tiède, le coton des cueillettes de décembre est encore très-bon; mais il arrive fréquemment que le brouillard le détériore pendant ce mois-là. En janvier les rentrées diminuent sensiblement et vont en décroissant en quantité et en qualité jusqu'au mois de mars, pendant lequel on arrache la plante. Cette dernière porte encore à ce moment beaucoup de gousses, les unes tardivement ouvertes, les autres non ouvertes encore, par suite des divers accidents dont il a été question.

Le coton récolté, ordinairement par des enfants, est déposé dans des hangars d'où il sort pour être séché, car il est à ce moment imprégné d'une grande humidité causée autant par les rosées abondantes de la nuit, que par les émanations de l'eau qui arrose la plante.

Il est donc de toute nécessité que le coton soit complétement sec avant l'égrenage à la machine, sinon elle fonctionnerait mal. Aux États-Unis et en Chine, et ailleurs le coton, étalé sur une plate-forme en planche, est exposé au soleil et au grand air pendant le temps nécessaire. Ce mode de séchage, simple et peu coûteux, ne peut s'employer régulièrement en Égypte, car il faut que le soleil ne manque pas, et pendant les mois de novembre à mars la pluie est très-fréquente, particulièrement dans le voisinage d'Alexandrie.

On obvie à cet inconvénient de la climature en faisant usage de fours d'une construction *ad hoc*. Ces fours sont en brique crue et de forme carrée. En bas et à la hauteur du sol sont placés 4 carnaux voûtés, de 80 centimètres environ de hauteur, et traversent le bâtiment de part en part. Le combustible (tige de maïs ou branchage de coton) est placé dans chacun de ces carnaux. Audessus est la chambre chaude, quelquefois carrée avec une petite fenêtre; d'autres fois voûtée avec une ouverture au ciel de voûte. Une épaisseur de 50 à 60 centimètres sépare le sommet de la chambre chaude.

Le feu est entretenu pendant cinq ou six heures, puis les carnaux sont fermés à chaque extrémité par des briques.

Quelquefois les trous sont pratiqués entre les capacités dans lesquelles se place le combustible et le sol de la chambre. L'air chaud et la fumée pénètrent alors ensemble. Il règne dans la chambre du four une chaleur de 35 à 40 degrés centigrades, qui se maintient pendant plusieurs jours.

Le coton est simplement jeté sur le sol du four, de manière à arriver à une

hauteur maximum d'un mètre environ. Vingt quintaux de coton en graine (900 kilog.) peuvent être séchés à la fois. Un homme vient de temps à autre remuer le tas, pour éviter qu'il ne roussisse, ce qui pourtant a lieu assez souvent. Aussi il arrive quelquefois à Alexandrie des parties de coton sentant la fumée et contenant beaucoup de coton littéralement roussi. Dans quelques exploitations, on remédie à cet inconvénient des fours mal installés et mal desservis, en plaçant le coton sur des claies en branches de palmier ou bien sur des étagères qui garnissent la chambre chaude.

Il faut de sept à huit heures pour arriver à une dessiccation complète.

C'est pendant ces dernières opérations de la cueillette, du transport en magasin et du séchage, que le coton conserve ou ramasse les impuretés dont il est ordinairement pourvu à son arrivée sur le marché d'Alexandrie.

A cela vient souvent s'ajouter un égrenage imparfait qui résulte de l'emploi des machines toutes primitives dont les petits cultivateurs font encore usage.

MACHINES A ÉGRENER LE COTON.

Depuis quelques années ces machines ont reçu de plusieurs constructeurs des perfectionnements très-importants. Aussi commencent-elles à être appréciées, et d'abord exclusivement employées aux États-Unis, elles se répandent aujourd'hui rapidement en Égypte et en Algérie. Nous allons tout spécialement étudier ces machines, en prenant pour point de départ les types primitifs.

Aperçu historique. — Quoique en grand nombre, les machines à égrener peuvent se classer dans l'un ou l'autre des trois types actuellement en usage :

1° La machine à laminoir dite *Roller-gin* ou Churka ;

2° La machine à scies appelée *Saw-gin*, ou moulin sciant ;

3° La machine dite *Mac Carthy-gin*, du nom de son auteur, Mac Carthy.

ROLLER-GIN OU CHURKA.

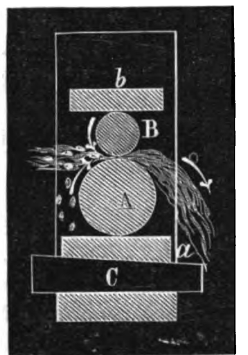
La machine qui paraît être la plus ancienne est l'égreneur Churka, dont l'usage est répandu dans toutes les contrées où l'on cultive le coton, aussi bien en Chine et en Égypte qu'aux États-Unis. Elle se compose uniquement de deux rouleaux superposés parallèlement.

D'après une note publiée en 1854 dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse*, le *roller-gin*, dont on faisait usage à cette époque aux États-Unis pour égrener le coton Géorgie longue soie, se composait d'une paire de rouleaux en bois de *pitch pine* (pin) ayant environ 25 centimètres de long sur 30 à 35 millimètres de diamètre. Un levier réglé par deux vis de pression les rapproche plus ou moins, suivant la finesse du coton ou le degré d'humidité de l'air. Ces deux rouleaux sont menés par deux manivelles en sens inverse, et par un simple mouvement de rouet, conduit avec le pied, ce qui a fait donner à cette machine le nom de *foot-gin*. Devant les rouleaux est une table à étaler, formée de tringles en fer ou en bois, entre lesquelles tombe une partie de sable, dont le coton est

chargé. Entre cette table et les rouleaux on laisse un espace d'environ 3 centimètres, par lequel les graines tombent. Le travail du nègre consiste à présenter, aussi régulièrement que possible, les flocons de coton dans l'angle des rouleaux qui saisissent les brins et les séparent violemment de la graine, mais sans que le coton subisse un frottement quelconque.

Le *roller-gin* dont on fait usage en Égypte diffère peu de celui qui vient d'être décrit. Il consiste, comme l'indique la fig. A ci-contre, en deux rouleaux de diamètres inégaux formant le laminoir; celui inférieur A est en bois, et l'autre B, d'un diamètre plus faible, est en fer. Au-dessus et au-dessous de ces cylindres sont placées des barres de bois *a* et *b* destinées à empêcher que le coton en graine ne puisse être entraîné avec celui qui est déjà égrené. La barre supérieure est fixe et celle inférieure peut en être rapprochée au moyen du coin C, qui permet de régler l'écartement nécessaire entre les deux cylindres pour le passage du coton. Le cylindre inférieur est muni, à l'une de ses extrémités, d'une manivelle à main, et le cylindre supérieur, du bout opposé, d'un volant dont l'un des bras porte une broche reliée par une corde à une pédale.

Fig. A



L'ouvrier égreneur tient de sa main gauche le coton garni de sa graine et le présente entre les cylindres A et B; de sa main droite, il fait tourner la manivelle qui commande le cylindre en bois A. Avec le pied gauche, par l'intermédiaire de la pédale, il fait mouvoir le volant qui est fixé sur le prolongement du cylindre en fer B. Le coton présenté entre les cylindres s'y engage, tandis que les graines qui n'ont pu être entraînées, vu le peu d'espace laissé entre eux, retombe du côté même où l'alimentation a eu lieu.

En Égypte, l'ouvrier reçoit de 3 fr. 75 c. à 4 fr. 50 c. par quintal égrené environ 45 kilog., comme il a été dit, mais sa production est seulement de 12 à 15 kilog. par jour (1); il en résulte que la journée est à peine de 1 franc.

Cet appareil est très-simple et donne même d'assez bons résultats quand il est bien conduit et surtout bien réglé; mais il arrive souvent que les cylindres trop espacés laissent passer les graines et l'écrasent. C'est dans la pratique le plus mauvais résultat; en outre, ce système conserve dans les cotons mal récoltés toutes les impuretés qui s'y trouvent.

Le système des *roller-gin* a reçu de divers inventeurs des perfectionnements qui ont principalement pour but leur alimentation d'une façon régulière au moyen de dispositions mécaniques; mais comme les graines sont mélangées sans aucune espèce de régularité dans la masse de coton, cette opération présente d'assez grandes difficultés et exige des organes délicats pour ne pas briser les graines; ce qui explique l'insuccès de

(1) Cette production nous paraît encore très-élevée, car pour obtenir ce résultat, il faudrait que l'homme déployât un effort assez considérable, comme on le verra plus loin, et on sait qu'il ne peut arriver en moyenne à un travail effectif de plus de 6 à 7 kilogrammètres par seconde.

quelques-unes des dispositions proposées. Nous allons examiner celles qui nous paraissent présenter quelques avantages.

Nous citerons d'abord M. d'Agon de Lacontrie, à Alger, qui a pris successivement en France trois brevets d'invention. Dans le premier, du 25 juillet 1854, il décrit un *roller-gin* composé, comme à l'ordinaire, de deux rouleaux superposés : l'inférieur est en acier et le supérieur en bois; en dessus de celui-ci est un troisième rouleau en bois qui sert à la fois de presseur et de nettoyeur. Devant les deux rouleaux égreneurs est placé un cylindre peigneur armé de longues dents avec engreneur cylindrique en dessus. Une toile sans fin amène le coton au peigneur, qui le distribue en étalant ses filaments pour faciliter leur engagement entre les rouleaux égreneurs.

Dans son second brevet, pris le 5 septembre 1855, M. d'Agon de Lacontrie propose, comme dans le système Mac Carthy, que nous décrirons bientôt, l'emploi d'un seul cylindre en bois recouvert de cuir. Au-dessus et tangentiellement à ce cylindre sont disposées, parallèlement à une faible distance l'une de l'autre (1), et dans le même plan horizontal, deux lames dentées en acier animées d'un mouvement alternatif de va-et-vient dans le sens transversal. Le coton est amené par un volant à ailettes à la circonférence du cylindre, et c'est en passant entre celles-ci et les lames dentées qui se meuvent tangentiellement et parallèlement à l'axe que le coton se trouve égrené.

Dans le troisième brevet, pris le 27 août 1861, le même industriel revient au *roller-gin* ordinaire : il conserve le rouleau inférieur en métal et propose simplement de remplacer le rouleau supérieur cylindrique par un rouleau en bois à huit pans.

Comme brevet récent, nous citerons celui de M. Monteil, mécanicien à Blidah, demandé le 25 juillet 1862 pour une machine à égrener au moyen de rouleaux à hélices multiples creusés sur leur périphérie, ainsi que le brevet de M. Lecreu, du 10 février 1863, qui revendique, comme perfectionnement au *roller-gin*, l'application de rouleaux en fonte substitués aux rouleaux en bois avec toile sans fin servant à leur alimentation.

Nous avons encore à examiner deux autres machines de ce système qui méritent de fixer plus particulièrement l'attention, ce sont les *roller-gin* de M. Platt d'Oldham, et l'égreneuse de M. Chaufourier, à Paris.

ROLLER-GIN PERFECTIONNÉ PAR M. PLATT. — M. Platt, constructeur de machines à Oldham, près Manchester, avait envoyé à l'Exposition uni-

(1) Un Américain, M. Tetlow, s'est fait breveter en France le 13 juillet 1859, pour une disposition qui a quelque analogie avec celle de M. d'Agon de Lacontrie ; sa machine est composée de deux cylindres cannelés et rainés en zig-zag, monté parallèlement à côté l'un de l'autre dans le même plan horizontal. Ces cylindres sont mi-partie entourés sur toute leur longueur par des plaques également rainées et mobiles dans le sens de la longueur des axes. C'est entre ces plaques et les cylindres cannelés que l'égrenage du coton s'effectue.



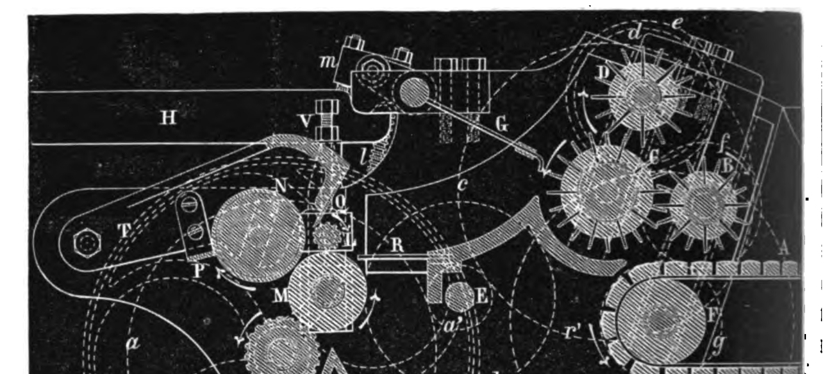
verselle de Londres, en 1862, deux machines à égrener le coton : l'une du système dit *roller-gin* ou *churka*, et la seconde du système *Mac Carthy-gin*. Nous allons d'abord décrire la première de ces machines qui est peut-être d'une construction un peu compliquée, mais qui, sans fatiguer les fibres du coton, le sépare bien de la graine et le délivre sous forme de nappe, résultat que les machines précédemment en usage ne permettaient pas d'obtenir.

La fig. B ci-dessous est une coupe verticale de la tête de cette machine.



ROLLER-GIN PERFECTIONNÉ PAR M. PLATT.

Fig. B



Elle est composée des quatre parties principales suivantes :

1° *De la toile sans fin A* sur laquelle on place le coton brut garni de sa graine ;

2° *Des trois rouleaux B, C, D,* armés de longues aiguilles de peignes très-espacées entre elles et placées à l'extrémité de la toile sans fin alimentaire. Ces rouleaux sont en fer recouverts de cuivre jaune; ils sont commandés par le pignon *a'*, de 14 dents (indiqué sur la figure par des cercles ponctués ainsi que toutes les autres roues de la transmission); ce pignon est calé sur l'arbre intermédiaire E, mû lui-même par la roue *a*, de 77 dents, fixée sur l'axe du rouleau O.

Le même pignon *a'* actionne une seconde roue *r'*, de 77 dents, montée sur l'axe du rouleau C, lequel est encore muni d'un pignon de 13 dents, qui engrène avec la petite-roue *d*, de 35 dents, rapportée sur l'axe du rouleau D.

Celui-ci commande à son tour le rouleau F de la toile sans fin au moyen de la roue *e*, de 32 dents, qui engrène avec une troisième

roue *r*, qui a également 77 dents. Enfin l'axe qui porte cette dernière roue est muni d'un pignon *g*, de 31 dents, qui commande le premier peigne B, par la roue *f* de 32 dents.

D'après les rapports qui existent entre les diamètres de ces roues et pignons, chaque tour du rouleau F fait avancer la toile sans fin A de 0^{m}213, tandis que les circonférences moyennes des rouleaux à dents B, C, D, parcourent 0^{m}134, 1^{m}130, 0^{m}331 dans le même temps.

Il résulte de ces combinaisons que le coton, abandonné par la toile sans fin, est pris par les dents du rouleau B, lesquelles sont débourrées par les dents du rouleau C, qui entraînent le coton entre celles du rouleau supérieur D, marchant moins vite, et qui le conduisent bien démêlé sous le peigne alimentaire G.

Ce peigne est composé de tringles en fer, il occupe toute la largeur de la machine et oscille entre le rouleau à pointes C et le rouleau ordinaire du *roller-gin* L, à l'intérieur de la table concave *h*, terminée par les broches R, qui laissent tomber les graines détachées des filaments.

Le mouvement d'oscillation du peigne est transmis de l'arbre qui porte le rouleau O, ainsi que la poulie motrice *p*, par l'intermédiaire d'un plateau qui, par deux tringles à ressort, commande la manivelle *m* fixée à l'extrémité de l'arbre muni du peigne.

3° *De l'organe essentiel, des deux rouleaux égreneurs L et M.* Le supérieur est en fer avec cannelures peu profondes et arrondies, l'inférieur est en bois avec axe en fer; ce dernier est commandé par une roue *b*, de 96 dents, engrenant avec un pignon de 36 dents; les deux rouleaux sont reliés par deux engrenages dont le rapport des nombres de dents est tel que leurs vitesses à la circonférence sont les mêmes. Un poids d'environ 4 kil. 5 est attaché à l'extrémité de deux leviers parallèles H, qui pressent sur le rouleau supérieur L.

D'après le rapport qui existe entre les bras de ces leviers, la pression exercée sur chacun des coussinets de ce rouleau doit être de 35 à 40 kilog. Pour empêcher le coton brut de passer au-dessus du cylindre L, une règle en fer Q vient se poser sur sa circonférence.

4° *De l'appareil à détacher les filaments et à les transformer en nappe.* Les graines dénudées, qui n'ont pu passer entre les rouleaux, tombent à travers le grillage R, tandis que les fibres se trouvent détachées par le rouleau N, en bois recouvert de cuivre. Le débourreur O enlève ces fibres et les fait tomber en nappe, à gauche, sur le plan incliné S, d'où elles passent dans une caisse.

Les filaments qui restent attachés au rouleau N sont enlevés par la règle P. Un levier double articulé T, porte à la fois les règles Q et T et les tourillons de l'arbre du rouleau N. Ce dernier tourne sur son axe qui reste fixe. Une vis V, que l'on peut régler à volonté, permet de varier la position du levier qui porte le rouleau N.

La vitesse la plus convenable à donner à cette machine, dit M. Émile

Burnat dans son rapport à la Société industrielle de Mulhouse, varie entre 280 et 300 tours par minute de la poulie motrice *p*.

La largeur de ces machines entre les bâtis est seulement de 0m210 et leur production a été, dans une expérience faite avec du coton brut d'Algérie, de 1k5 net par heure, ce qui ne correspond, comme on voit, qu'à 15 kilog. par journée de 10 heures.

Un enfant de dix à douze ans suffit pour la manœuvre de l'appareil.

ROLLER-GIN PERFECTIONNÉ PAR M. CHAUFOURIER

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 3 A 7, PL. 23.

M. Chaufourier a pris un brevet en France le 15 décembre 1862, et un certificat d'addition le 10 décembre 1863, pour une machine du système Roller-Gin, qui se distingue par la réunion de rouleaux égreneurs avec des rouleaux étireurs ne formant qu'un même groupe, et par la disposition spéciale de l'alimentation.

La fig. 3, pl. 23, représente en section verticale la première disposition exécutée sur ce principe par M. Chaufourier.

A la partie supérieure du bâti qui supporte toutes les pièces dont la machine est composée, est disposée une trémie *a* dans laquelle on jette le coton brut garni de ses graines. Au-dessous de cette trémie tourne le rouleau *b*, au moyen d'un rochet prenant son mouvement d'un excentrique calé sur l'arbre moteur, lequel est monté au-dessous des traverses en bois A du bâti. Ce rouleau porte sur sa circonférence des cannelures destinées à laisser passer une certaine quantité de coton à la fois, et à la laisser tomber sur un axe à ailettes *c*, animé d'un mouvement de rotation continu au moyen de petites poulies à gorge fixées sur l'axe du rouleau *m*.

Par leur frottement incessant, les ailettes *c* divisent le coton et le jettent sur la plaque de métal qui termine le coursier *d*, d'où il glisse devant les rouleaux égreneurs *f* en passant sur une sorte de peigne, dont les dents sont en acier et qui forme le fond du coursier.

Ce peigne est animé d'un mouvement horizontal de va-et-vient qui lui est communiqué par une camme fixée sur l'arbre intermédiaire *p*; l'autre extrémité du peigne est appuyée sur un ressort qui le renvoie constamment sur la camme.

Les dents du peigne sont dirigées à la hauteur du point de contact des rouleaux égreneurs *f*, et leurs positions se règlent avec exactitude au moyen d'une vis de rappel ; ces dents ont pour but non-seulement de déplacer le coton, mais encore de débarrasser les rouleaux des graines qui pourraient s'y être engagées.

Par leur mouvement de rotation, les rouleaux égreneurs s'emparent du coton qui leur est présenté par le peigne, et en entraînent les soies derrière eux, en séparant les graines qui tombent sous la machine par une ouverture ménagée à cet effet.

Parallèlement, et accolés derrière les rouleaux égreneurs, se trouvent les rouleaux étireurs g et g', qui reçoivent le mouvement des cylindres m et m' au moyen des tabliers sans fin h et h', en toile ou en cuir vernis. Les rouleaux g saisissent au plus près le coton sortant des égreneurs et l'entraînent entre leurs surfaces lisses. Le tablier inférieur fait tomber le coton épluché derrière la machine.

Ces tabliers ont encore un autre but et un autre effet ; ils rompent immédiatement, à la surface extérieure des rouleaux égreneurs, en les y appréhendant bord à bord, les quelques fibres de coton qui presque toujours restent adhérentes aux graines, et tendent à retenir ces graines à la surface interne des égreneurs. Cette rupture, en activant la chute des graines, laisse les rouleaux constamment en état d'égrener le coton qui leur est présenté.

Telles sont les dispositions générales de cette machine que M. Chaufourier a perfectionnée plus tard dans sa construction, comme le représentent les fig. 4 à 7 de la pl. 23.

La fig. 4 est une section verticale de la machine complète ;

La fig. 5 en est une vue extérieure de côté ;

La fig. 6 un plan général vu en dessus ;

Et la fig. 7 un détail du mécanisme des peignes mobiles.

En examinant ces figures on reconnaît que la machine est composée des mêmes éléments que celle précédemment décrite ; tels sont les rouleaux égreneurs f ainsi que les étireurs g et g'.

On remarquera que les rouleaux égreneurs sont supportés non-seulement aux extrémités par des coussinets en bronze logés dans les montants extrêmes A du bâti, mais encore par un palier central T (fig. 6), disposé au milieu de leur longueur, afin de les empêcher de s'écarter. Cette disposition permet d'éviter les engorgements qui ont lieu quand le parallélisme n'est pas parfait.

Le rouleau distributeur b, armé de saillies arrondies, comme on le voit bien fig. 6, est placé plus bas que dans la première disposition (fig. 3), c'est-à-dire tout près des égreneurs, de façon à amener le coton fourni par la trémie a, sans intermédiaire d'ailette, au peigne à denture horizontale e ; il y a donc, par ce moyen, presque simultanéité entre le moment où le distributeur b amène le coton à l'égreneur supérieur cannelé, et celui où les deux rouleaux f exécutent leur travail.

Le rouleau distributeur b est animé d'un mouvement de rotation progressif au moyen d'une camme r (vue en ponctué fig. 5), fondue avec une roue dentée R calée sur l'arbre moteur M ; dans la rainure de cette camme fonctionne un galet g relié à une tige verticale H ; la forme même de cette camme détermine le mouvement ascensionnel et descensionnel de la tige, qui entraîne dans ces déplacements successifs le levier L monté sur l'axe du distributeur, et qui est muni d'un cliquet à poignée L' en prise avec les dents de la petite roue à roches k. A chaque

ascension, le cliquet fait tourner la roue d'un certain nombre de dents et le distributeur tourne entraîné par cette roue quand la tige H descend. On règle l'amplitude du mouvement ascensionnel de cette tige, au moyen d'une vis de butée *s*, engagée dans une saillie ménagée à cet effet au sommet du bâti.

Dans cette machine il y a deux peignes, celui *e*, à denture horizontale dont il vient d'être question, et celui *e'* (fig. 4 et 7), qui a ses dents dirigées verticalement entre le distributeur et les égreneurs. Ces deux peignes, animés d'un même mouvement de va-et-vient mais en sens inverse, suivant l'axe des rouleaux, ouvrent le coton et le préparent à abandonner sa graine en passant entre les rouleaux *f*.

Le mouvement alternatif de va-et-vient des deux peignes est communiqué par une camme *p'*, fixée sur l'arbre intermédiaire *p*. Dans la rainure en hélice de cette camme est engagée une broche E (fig. 4 et 7), fixée au peigne inférieur *e*, lequel glisse sur la traverse *t*, qui porte une entaille allongée pour livrer passage à la broche. Le peigne supérieur *e'* reçoit le mouvement du peigne inférieur, au moyen du petit balancier *l* (fig. 6 et 7), qui oscille entre les deux branches de la fourche d'un support en fer *l'* vissé contre le bâti A.

L'arbre intermédiaire *p* est commandé par l'arbre moteur principal M, au moyen du pignon R' et de la roue R. Cet arbre M reçoit le mouvement du moteur au moyen de la poulie fixe P, à côté de laquelle est montée la poulie folle P' et le volant régulateur V.

Comme dans la première machine, derrière les rouleaux égreneurs se trouvent les étireurs *g* et *g'*, garnis des tabliers sans fin *h* et *h'*, qui passent sur les cylindres *m* et *m'*; la tension de ceux-ci est réglée au moyen des vis *v* et *v'*, qui font glisser les coussinets en bronze de ces rouleaux dans des coulisses ménagées à cet effet dans les bâtis (fig. 5).

Le pignon R' donne le mouvement à l'étireur *g'* au moyen du pignon *r'*, qui engrène avec le pignon intermédiaire *s'*, lequel a une largeur suffisante pour commander le petit pignon *c*, du rouleau égreneur inférieur qui se trouve derrière celui *r'*.

Du côté opposé à sa commande, l'étireur *g'* est muni d'un pignon *d* (fig. 6), qui commande un pignon semblable fixé sur l'axe de l'étireur *g*. Une combinaison de petites roues disposées comme celles *r' s'* et *c*, donne le mouvement de ce côté au rouleau égreneur supérieur.

On remarque que les cylindres étireurs se trouvent aussi rapprochés que possible des cylindres égreneurs. Cette condition est essentielle, d'après l'auteur, pour que la soie du coton se trouve saisie, sans être brisée, au fur et à mesure qu'elle sort. En effet, lorsque le coton adhère à sa graine et que l'on veut opérer leur séparation, plus la graine est placée loin de l'agent qui la dépouille, plus les fibricules de coton qui, inévitablement, restent après la graine sont longues, et plus aussi il y a tendance à ce que les graines auxquelles elles sont attachées restent

captives, pour un temps plus ou moins long, à la gorge des égreneurs. Il en résulte alors un ralentissement dans le travail, et cela contribue même à produire des engorgements, si les toiles sans fin ne prennent et ne rompent le coton assez près du centre des rouleaux égreneurs, pour éviter que les fibricules qui adhèrent encore aux noyaux restent assez longues pour retarder la chute des graines.

Le coton est donc saisi dans la machine de M. Chaufourier au plus près de la sortie des rouleaux égreneurs par le tablier *h* de l'étireur *g*, qui lèche le rouleau cannelé *f* en même temps qu'il exerce une légère pression sur le rouleau inférieur égreneur, c'est-à-dire que le centre du rouleau *g* est en ligne avec le point de contact des deux égreneurs (fig. 4). D'autre part le rouleau *g'*, marchant en sens contraire de celui *g*, lèche le rouleau égreneur inférieur, et fait pression au moyen de son tablier de cuir *h* sur le tablier *h'* du rouleau supérieur, de telle sorte que pour l'étirage du coton à sa sortie des égreneurs, il se produit d'abord une prise de coton au plus près possible, par la pression du tablier *h* sur le rouleau égreneur inférieur; et ensuite une seconde action d'étirage résultant de la pression du tablier *h'* sur celui *h*.

Le coton ainsi étiré tombe naturellement sur le plan incliné I, lequel est formé d'une plaque de tôle fixée sur une traverse en fonte A', boulonnée aux montants verticaux du bâti.

Le nettoyage des deux tabliers est effectué par deux bandes de cuir *j* qui viennent les frapper en tournant. Ces bandes sont, à cet effet, fixées sur une barre de bois méplate *i*, traversée par un axe en fer qui peut tourner librement dans deux paliers, et muni à l'une de ses extrémités de la petite poulie à gorge *i'* (fig. 6), commandée par une poulie semblable *j'*, fixée en dehors du bâti, sur le prolongement de l'arbre intermédiaire.

SAW-GIN REPRÉSENTÉ FIG. 1, PL. 23.

Le *saw-gin,* ou moulin à scies, est un système américain attribué à Élie Whitney, qui l'inventa vers 1793. Il est employé principalement pour les cotons de la Louisiane ; il diffère essentiellement du *roller-gin*. Sa production est aussi beaucoup plus considérable, elle peut atteindre 2 à 300 kilog. de coton net de graines par journée de travail de douze heures, avec une force motrice estimée seulement à un cheval-vapeur ; mais cette machine présente l'inconvénient de couper la soie, et, par suite, de déprécier la valeur du coton ; aussi ne peut-on l'employer avec un certain avantage que pour les cotons courte soie.

Les dispositions principales de cette machine se reconnaîtront à l'examen de la fig. 1. Elles consistent en une série de scies circulaires *a* (40 et jusqu'à 80), fixées sur un axe en fer au moyen d'une clavette, et séparées l'une de l'autre par une rondelle en bois *b*, de 20 millimètres environ d'épaisseur. Au-dessus de ce cylindre est disposée la trémie A,

dont le fond est fermé par une grille formée de barreaux en fer *d*, demi-circulaire et se raccordant avec un plan incliné D, destiné à conduire les graines en dehors de l'appareil. Les barreaux ont une largeur un peu moindre que celle des rondelles en bois qui séparent les lames de scie, afin de les laisser tourner librement tout en empêchant le coton de passer. Une petite grille *e*, dont les barreaux sont disposés de la même manière, est placée au devant pour le même usage.

Le fond de la trémie est à charnière et peut être rapproché ou éloigné à volonté des scies, au moyen du secteur *f*, que l'on arrête dans une position déterminée à l'aide d'une vis. Près des scies, le fond de cette trémie est garnie d'une tôle à entailles triangulaires qui livre passage aux graines détachées par les scies.

Le dessus de la trémie est fermé par un couvercle A′ qu'on lève pour faire le changement.

Le bâti B est formé de montants en bois de chêne et de panneaux en sapin. L'arbre en fer qui porte les scies est supporté par deux paliers en fonte garnis de leurs coussinets en cuivre, et fixés sur les traverses horizontales de bâti au moyen de boulons. Il est muni à l'une de ses extrémités de la poulie qui reçoit le mouvement directement du moteur, et à son autre extrémité d'une autre poulie qui actionne le cylindre des brosses C.

Ce cylindre est composé de deux plateaux en bois réunis sur l'arbre par des tringles *c*, également en bois. Les barrettes de même matière, qui forment le pourtour du cylindre, reçoivent les brins des brosses correspondant à chaque lame de scie. L'intervalle compris entre chaque barrette des brosses est fermé par une toile *g*′, clouée à chaque extrémité dans une feuillure, à l'intérieur de chacun des plateaux. C'est pour poser cette toile plus aisément, et avant la mise en place des brosses, que le cylindre C est en deux parties reliées par les tringles *c*. L'arbre de ce cylindre est monté sur des pointes pour diminuer les frottements, et par conséquent le travail qui serait absorbé par suite de la grande vitesse qui lui est communiquée.

Le coton est jeté dans la trémie A, tombe sur la grille *d*, entre les barreaux de laquelle les scies font saillie; les filaments s'attachent aux dents qui les entraînent dans leur mouvement de rotation, et les graines roulent le long de la grille inclinée, et tombent par le plan incliné D dans une caisse disposée pour les recevoir.

Les filaments de coton, détachés des scies par l'action des brosses, tombent sur le plan incliné E, d'où ils glissent en dehors de la machine, tandis que les poussières peuvent s'échapper par la conduite d'air F, disposée à l'arrière.

Dans les machines de ce genre bien installées, on doit appliquer des aspirateurs aux conduits E et F, afin de détacher le coton d'avec les graines qui s'y trouvent mélangées.

Ce genre d'égreneuse, quoique l'un des plus anciens, n'a pas donné lieu jusqu'ici, que nous sachions, à un grand nombre de modifications importantes. Cependant nous devons dire que le 12 mai 1863, il a été pris un brevet d'invention en Belgique, par M. Winter, pour des perfectionnements à ce système d'égreneuse.

La trémie d'avant, montée à charnière, de façon à pouvoir être plus ou moins rapprochée des scies, contient un cylindre armé de dents sur lequel le coton s'enroule à mesure qu'il entre dans la trémie, de telle sorte qu'il se présente aux scies sous forme de rouleau. L'intérieur de la trémie consiste en barreaux placés debout et formant une grille. C'est à travers ces barreaux que les scies viennent saisir le rouleau de coton et séparer les fibres d'avec la graine. Les scies entraînent le rouleau dans leur mouvement rotatif; la graine sort par le fond de la trémie. Les dents de scie, au fur et à mesure qu'elles se chargent de coton en sont dépouillées par le cylindre à brosses. Par suite de sa rotation vive, ce dernier provoque un courant d'air qui monte entre le cylindre et une planche inclinée sur laquelle le coton se décharge. A l'aide de ce courant d'air, le coton égrené va de la planche dans une embouchure conique communiquant avec la chambre à air. Ladite chambre contient un tambour en toile métallique placé horizontalement. Le coton, au fur et à mesure qu'il s'engouffre dans l'embouchure, se trouve saisi par le tambour qui est animé d'un mouvement rotatif assez lent.

Ce tambour, en tournant, fait monter le coton sous forme de nappe peu épaisse, qu'il expose à l'action du courant d'air, de façon que la poussière et le sable, en faisant le tour, sont enlevés de dessus le tambour au moyen d'un rouleau travailleur, et passe entre une couple de rouleaux d'appel unis, qui donnent l'épaisseur voulue au ruban continu, forme sous laquelle le coton quitte la machine.

Pour rendre ce système propre à égrener le coton longue soie, M. Winter propose d'enlever les lames de scies de deux en deux, et de les remplacer par des disques unis ayant le même diamètre. Il espère par ce moyen éviter que deux scies viennent agir sur les mêmes fibres.

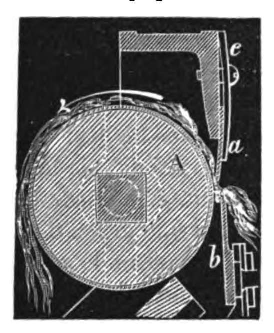
MACHINES AMÉRICAINES DITES MAC CARTHY-GIN.

Mac Carthy simple. — Les principes d'action de la machine *mac carthy* diffèrent complétement du *saw-gin* et du *roller-gin*. Ainsi, dans ce dernier, la graine est tenue immobile pendant que le coton en est retiré, tandis que dans le *mac carthy*, c'est le coton qui est maintenu en place et la graine battue en dehors.

Ce résultat est atteint au moyen d'un rouleau en bois A (fig. C ci-contre), d'environ 75 à 80 centimètres de longueur sur 10 à 12 de diamètre; il est couvert d'une peau de buffle tannée très-dur et roulée autour en hélice.

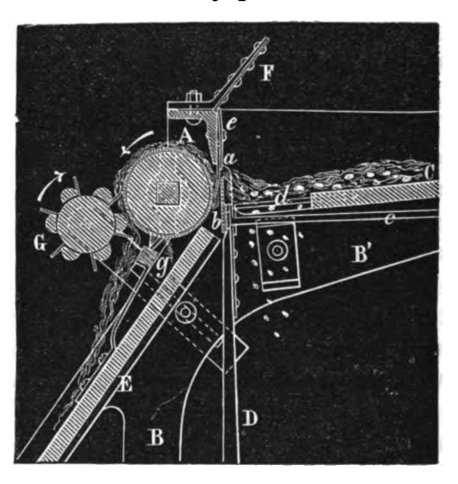
Devant ce rouleau, et à une faible distance, sont placées verticalement deux plaques ou règles méplates, en fer ou en acier *a* et *b*, ayant la même longueur que le rouleau sur 5 millimètres d'épaisseur, et séparées entre elles par un espace d'environ 3 millimètres. Les bords de ces règles qui se trouvent vis-à-vis sont arrondis avec soin, de manière à ne présenter au coton aucune partie tranchante.

Fig. C.



La règle supérieure *a* est immobile, pendant que la règle inférieure *b* est animée d'un mouvement rapide de va-et-vient. De la position la plus basse, indiquée fig. C, elle s'élève à celle représentée fig. D, tandis que le rouleau A tourne dans le sens indiqué par la flèche, avec une vitesse sensiblement moindre, mais qui n'est suivi par le coton que lorsqu'il est entièrement dégagé des graines. Cette vitesse suffit, moyennant le frottement du cuir, pour empêcher le coton de revenir en suivant le mouvement de la règle *b*.

Fig. D. 



Dans la position fig. C, le bout des brins se trouve saisi par le cuir du rouleau et la graine se rapproche de la règle *a*. Mais avant qu'elle puisse suivre la mèche dans l'espace laissé libre, la règle *b* s'élève rapidement et la bat vivement deux ou trois fois. La graine est lancée hors du coton qui l'entourait, et alors celui-ci se trouvant libre, suit le mouvement du rouleau et vient tomber de l'autre côté.

Ce système de machine n'a pas été introduit sans peine, les premiers essais n'ayant donné que des résultats imparfaits; mais maintenant que leur construction a été notablement perfectionnée par divers construc-

teurs américains, anglais et français, les établissements importants qui peuvent disposer d'une force motrice, en Amérique et en Égypte, en font usage.

M. G. Burnat, dans son remarquable rapport à la Société de Mulhouse, auquel nous empruntons une grande partie de ces renseignements, dit qu'il existe aujourd'hui en Égygte 28 établissements contenant ensemble 1,426 machines mac carthy, qui peuvent égrener pendant une campagne 4 à 5,000 quintaux de coton.

Une circonstance, dit-il, a aidé à ce développement, c'est le prix toujours croissant de la graine de coton qui valait, il y a huit ans, P 10 à 15 l'ardeb (l'ardeb = 180 litres), soit fr. 2, 60 à 3, 90, et qui vaut aujourd'hui 15 à 16 fr.

Cette graine reste le bénéfice de l'égreneur au mac carthy. Elle s'emploie en partie dans le pays pour la fabrication de l'huile, et s'exporte surtout pour l'Angleterre. Elle s'expédie également pour Marseille, où elle vaut actuellement fr. 18 les 100 kilog. L'ardeb de graine de coton criblé pèse environ 120 kilog.

La graine est aussi, paraît-il, une bonne nourriture pour le bétail; et dans les États du sud-est de l'Amérique on trouve plus avantageux de l'utiliser comme fourrage.

Ce prix de fr. 18 les 100 kilog. est celui des graines lisses provenant du coton Géorgie, longue soie et jumel; car jusqu'à présent les graines qui ne peuvent être complétement dégarnies de la matière cotonneuse qui les entoure ne sont utilisées le plus ordinairement que pour le chauffage.

MAC CARTHY-GIN PERFECTIONNÉ PAR M. LOUP. (FIG. 2, PL. 23.)

Cette machine ne diffère des égreneurs de ce système que par quelques détails de construction, tel que celui du cylindre qui est enveloppé d'une bande de cuir disposée en hélice, avec des jours de peu de profondeur pour faciliter la prise du coton.

On reconnaît le cylindre A, dont l'axe est monté dans deux paliers qui font partie du bâti en fonte B. Celui-ci est composé de deux flasques verticaux reliés par des entretoises en fer et par un tablier incliné en tôle E, sur lequel glisse le coton dépourvu de graine et entraîné par le cylindre A. Des consoles B′, fixées à ce bâti, supportent la tablette en bois C, sur laquelle on étale le coton à égrener, et reçoivent aussi la traverse C′, qui sert d'axe d'oscillation aux tringles *c* de la règle mobile *b*.

Des semelles sont ménagées de fonte aux traverses inférieures du bâti pour recevoir les coussinets de l'arbre, qui donne le mouvement à cette règle par l'intermédiaire de deux excentriques et de deux bielles D. L'amplitude du mouvement de la règle mobile est de 28 millimètres.

L'arbre du cylindre égreneur A est muni, à l'une de ses extrémités, d'une grande poulie commandée par une petite poulie fixée sur l'arbre

inférieur dont il vient d'être question, lequel reçoit la commande du moteur par l'intermédiaire d'une poulie fixe, à côté de laquelle une poulie folle est montée pour permettre d'interrompre le mouvement, en faisant glisser sur elle la courroie, au moyen d'une fourchette d'embrayage.

La règle fixe ou contre-lame *a* est appliquée sur une large traverse en fonte F, en forme de T, boulonnée sur le bâti. De petites plaques de pression *e*, au nombre de sept sur toute la largeur (1^m08) comprise entre les flasques du bâti, servent à maintenir la lame à la hauteur qu'on juge nécessaire de lui assigner.

La table à étaler C est garnie, du côté du cylindre, de broches *d*, en fil de fer de 5 millim. de diamètre, espacées de 7 millim. et dépassant le bord antérieur de la table de 9 centim. Le râteau formé par cet assemblage de broches est à environ 14 millim. en contre-bas du centre du cylindre, et la ligne qui présente l'extrémité de ces broches est éloignée de ce même cylindre d'environ 12 millimètres.

Le coton poussé vers le cylindre, et engagé par les lames *a* et *b*, est entraîné par sa rotation et rejeté à sa circonférence sur le plan incliné E, tandis que les graines qui en sont détachées par les lames passent entre les broches.

Dans la machine américaine, dont nous avons donné un croquis page 272, fig. D, le coton égrené est détaché du rouleau A par un deuxième rouleau G, garni de lames en fer-blanc (1), conjointement avec une brosse *g*, fixées par des équerres en fer formant ressort sur le plan incliné en bois E, qui conduit le coton au pied de la machine.

Dans des expériences faites par la Société industrielle de Mulhouse, avec des graines de coton Géorgie, sur un mac carthy semblable à celui décrit ci-dessus, la vitesse qui a paru donner le meilleur résultat a été celle correspondante à 550 tours par minute du rouleau A.

On a aussi constaté l'importance du réglage de la lame *a*; lorsque cette lame repose en effet sur une des arêtes, et que le biseau qui est à sa partie inférieure n'est pas appliqué dans toute sa longueur sur la surface du rouleau A, celui-ci ne peut attirer le coton sur toute la largeur de la machine.

On remédie à cet inconvénient à l'aide des plaques *e* (voir fig. C, pag. 272, et fig. 2, pl. 23), et de leurs boulons qui permettent de régler la hauteur et l'horizontalité de la plaque.

La règle mobile *b* demande aussi à être convenablement réglée; sa course, dans sa partie supérieure, doit être diminuée à mesure que la

(1) Il existe dans les galeries du Conservatoire impérial des arts et métiers un modèle de machines à égrener du système Mac Carthy dans lequel le rouleau détacheur G (ce qui nous semble préférable) est formé d'un arbre en fer muni de quatre feuilles de parchemin qui frappent en tournant le rouleau égreneur. Cette disposition a été brevetée en France, le 20 octobre 1855, au nom de M. Cox.

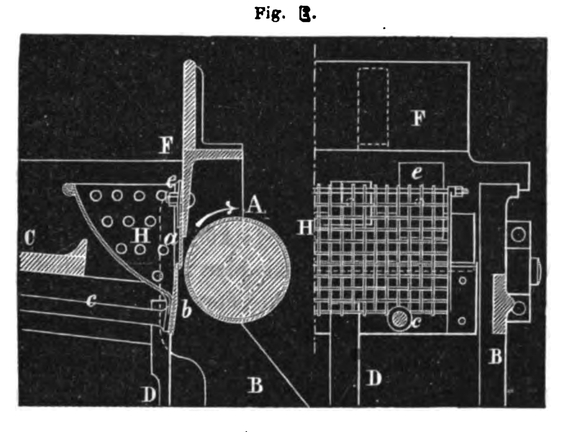
longueur des brins diminue elle-même. Il faut, par contre, que cette règle descende assez bas, afin que l'ouverture laissée entre elle et le couteau fixe permette au coton de passer sous l'attraction du rouleau en cuir. Lorsque la règle batteuse ne se maintient pas parallèlement à la règle fixe, les graines peuvent être écrasées, et il arrive qu'il en passe un grand nombre avec les fibres.

Mac Carthy perfectionné par M. Psiachi. — D'après une note du *Bulletin de la Société de Mulhouse*, un perfectionnement a été apporté récemment par M. Psiachi ; il consiste simplement à commander le rouleau égreneur d'une manière indépendante, c'est-à-dire qu'au lieu que ce rouleau soit mis en mouvement par l'arbre inférieur muni des excentriques qui font mouvoir la règle batteuse, il y a une commande spéciale, ce qui permet de régler plus facilement sa vitesse. En effet, si le rouleau tourne trop vite, il tend à briser la soie.

M. Psiachi a réglé le mouvement de façon que pendant un tour du rouleau égreneur A, la règle batteuse *b* donne seize coups. Cette plaque est aussi plus mince et moins tranchante. Le rouleau a 14 centimètres au lieu de 12. La règle a une course de 7 centim. au lieu de 4 à 5 centim. La largeur de la table est de 80 centim., tandis que généralement, dans les machines anglaises, elle a 1 mètre. L'auteur a reconnu que les enfants qui font le travail ne peuvent placer du coton sur une aussi grande largeur. Ces modifications lui ont permis d'égrener 2 quintaux d'Égypte en douze heures (90 kilog.), tandis que la production des machines ordinaires n'est que de 1 quintal et demi (68 kilog. environ).


MAC CARTHY PERFECTIONNÉ PAR M. DUNLOP.

Fig. [illegible].



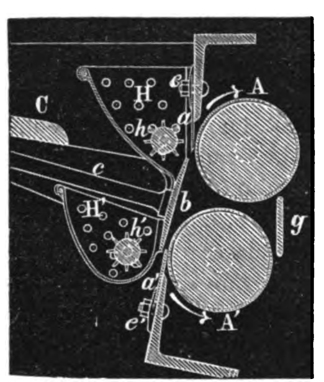
Les dispositions nouvelles du mac carthy de M. Dunlop, de Manchester, consistent principalement, comme l'indique la fig. [illegible] ci-dessus, dans l'application d'une auge à grillage H, fixée à la règle mobile *b*, et destinée à remplacer les tringles en fer qui forment le prolongement de

la table d'alimentation C. Le but de M. Dunlop a été de faciliter à la fois la chute des graines séparées de leurs fibres, et la saisie de celles-ci par le rouleau égreneur A garni de son cuir roulé en spirale.

Dans une patente de 1862, M. Dunlop décrit une autre disposition que représente la fig. [illegible] ci-après. On remarque que le système d'alimentation est le même que celui de la fig. [illegible], mais au rouleau unique A est ajouté le rouleau A′, tournant en sens inverse du premier, et muni comme celui-ci d'une règle fixe *a′*. Une seule règle mobile ou batteur *b* agit pour détacher les graines du coton présenté aux deux rouleaux par les deux auges à grillage H et H′, fixées au batteur *b*.

Les axes des deux rouleaux tournent dans des supports qui peuvent être déplacés aisément sur le bâti, de sorte que leur réglage par rapport au batteur *b* est possible, sans changer la position de celui-ci. La traverse *g* est destinée à empêcher que les fibres ne restent attachées à la surface des rouleaux.


Fig [illegible].



Dans une nouvelle patente de 1863, M. Dunlop mentionne quelques nouveaux perfectionnements apportés à son système, et principalement l'application des petits rouleaux en bois *h* et *h′*, à l'intérieur des auges. Ces rouleaux, armés de broches ou dents saillantes, sont animés d'un mouvement de rotation continu, de façon à agiter le coton, à l'ouvrir en quelque sorte, pour le présenter à l'action des cylindres égreneurs A et A′, mieux préparé à être égrené par le batteur.

M. Émile Burnat, dans un supplément au Mémoire de M. Gustave Burnat, sur la culture du coton en Égypte, dont nous avons donné plus haut des extraits, dit avoir expérimenté une machine à auge simple (fig. [illegible]) d'un mètre de large avec du coton Géorgie longue soie; l'alimentation en coton brut était de 42 kilog. par heure, et la production du coton égrené et propre, d'environ 10 kilog. dans le même temps.

Le mouvement de l'auge paraissait bien remplir le but pour lequel il a été appliqué, parce que le coton Géorgie a ses graines très-lisses; mais lorsque l'on a voulu égrener du coton à graines duveteuses, on s'est mal trouvé de l'auge qui ne laissait rien passer quand les grilles étaient à mailles serrées, ce qui donnait lieu à un déchet notable parce que les vides étaient trop considérables.

Perfectionnements divers aux Mac Carthy. — Parmi les modifications que divers inventeurs ont proposées dans ces derniers temps, nous citerons celles indiquées dans un brevet du 30 janvier 1860, pris en France, par un Anglais, M. Wanklyn, filateur dans le comté de Lancaster.

Il propose de remplacer le rouleau en bois garni de cuir de Mac Carthy par un cylindre-creux en métal d'un assez fort diamètre, et fondu avec des cannelures creuses hélicoïdales ; par ce moyen, dit-il, les cannelures sont obtenues plus fines et plus serrées; et les points de contact entre le cylindre et la lame fixe étant en plus grand nombre, l'effet utile et la durée de la machine s'en trouvent sensiblement augmentés.

Il propose aussi de recouvrir la règle mobile d'un cuir, et d'incliner la table d'alimentation dans une direction opposée à celle qu'on a coutume de lui donner, c'est-à-dire de façon que la partie la plus élevée se trouve du côté du cylindre égreneur. Cette table est à claire voie, de sorte que les graines détachées du coton peuvent s'échapper, et surtout s'éloigner en glissant vers le bas du cylindre égreneur.

MM. Dobson et Barlow, de Bolton, avaient envoyé à l'exposition universelle de Londres, en 1862, une égreneuse américaine destinée à toute espèce de coton. Dans cette machine, lorsque les graines se trouvent relevées, à l'instant où les fibres sont saisies entre la règle inférieure et le rouleau égreneur, une règle supérieure descend et repousse les graines pour les détacher du coton qui passent sous le rouleau.

MAC CARTHY-GIN PERFECTIONNÉ PAR M. PLATT. (FIG. 8 A 11, PL. 23.)

M. Platt, d'Oldham, dont nous avons décrit plus haut le *roller-gin* perfectionné, avait aussi envoyé à l'exposition de Londres, comme nous l'avons dit, une machine du système Mac Carthy.

Le Conservatoire impérial des arts et métiers a fait l'acquisition de cette machine, ce qui nous a permis d'en faire relever le dessin (1). Elle est, du reste, presque identique à celle du même constructeur qui a été publiée par M. E. Burnat dans le *Bulletin de la Société de Mulhouse* de mai 1863.

Comme on peut s'en rendre compte à l'examen des fig. 8 et 9, qui représentent la machine en section verticale et en plan vu en dessus, le bâti en fonte B de cette machine porte deux consoles parallèles de même métal B′, qui reçoivent les deux rouleaux de tension en bois r et r' du tablier sans fin C. Ce tablier, sur lequel on place le coton à égrener, est composé d'une série de tringles en bois montées sur des courroies en cuir; il amène le coton au cylindre cannelé h, qui le distribue au cylindre armé de pointes H, destinées à le démêler et à l'ouvrir.

Ce cylindre tourne entre un chapeau en fonte i et une table en fer fixée au coursier concave I, lequel est terminé, du côté du rouleau égreneur A, par des dents i', formant grille comme dans les mac carthy ordinaires.

(1) Cette machine a été patentée en Agleterre le 8 mars 1862; M. Platt et Richardson se sont également fait breveter en France, dans la même année, le 9 août.

Dans ce coursier concave se meut circulairement le peigne alimentaire J, dont les dents sont fixées à l'arbre en fer J, animé d'un mouvement demi-rotatif, comme dans le roller-gin du même constructeur, au moyen de la manivelle *j* et de la bielle J′, commandée par un bouton de manivelle fixé à la roue d'engrenage K.

La bielle J′ est formée de deux parties tournées et ajustées l'une dans l'autre, et réunies par une clavette *k* (fig. 10), engagée dans une mortaise assez longue pour permettre un déplacement sensible dans le sens de l'axe, sous l'action d'un ressort à boudin intérieur logé dans la portion renflée de la section inférieure du corps de la bielle.

Par cette disposition, le mouvement du peigne n'est pas rigide, et s'il rencontre un obstacle, par suite de l'engorgement de la table I ou pour toute autre cause, il peut céder et par la propre élasticité de ses dents et par la compression du ressort à boudin renfermé à l'intérieur de la bielle.

Le rouleau égreneur A est en bois et composé de plusieurs pièces afin d'éviter toute déviation; il est recouvert de cuir comme dans les mac carthy ordinaires; seulement ce cuir, dans la machine de M. Platt, au lieu d'être une lanière roulée en hélice, est appliqué sur toute la surface entière du rouleau, et on pratique ensuite, au moyen d'une forte pression, des rainures affectant la forme d'une double hélice dirigée inversement (fig. 9). Le cuir est appliqué encore humide sur la surface du rouleau, et on l'y fixe à l'aide de petits clous en bois.

Tangentiellement à ce rouleau, du côté de l'alimentation, se trouve la règle fixe *a*, commune à tous les mac carthy, et dont la position est exactement réglée au moyen des pièces à écrou *e*. Au-dessous se meut la règle *b*, que l'on peut considérer comme celle qui se rencontre également dans les égreneurs du même système. Cette règle est reliée par des tringles en fer *c* à la traverse en fonte C, qui oscille sur des tourillons portés par les consoles B′.

La position de la règle, par rapport au rouleau A, peut être réglée avec une grande exactitude, à l'aide des écrous qui réunissent les tringles *c* avec leurs traverses C. Cette règle reçoit un mouvement alternatif de va-et-vient de l'arbre coudé K′, au moyen de deux bielles en fer D, montées parallèlement à l'intérieur, et près des deux flasques du bâti. Les bielles sont réunies à la règle par des articulations *d* qui permettent leur mouvement d'oscillation.

Un second système de règle *b′* est disposé à l'arrière du précédent; il est commandé également par l'arbre à manivelle K′, muni à cet effet de quatre coudes, et suspendu de la même manière par les tringles *c′* à la traverse C′. La règle *b′* est pourvue de coulisses destinées au passage des tringles *c*.

Transmission. — Dans cette machine, l'arbre K′ reçoit le mouvement du moteur au moyen de la poulie P, dont il est muni, et il le transmet

à tous les organes mobiles : aux règles b et b' par des coudes formant quatre manivelles, et au peigne J, comme nous l'avons vu, par l'intermédiaire du pignon denté k, de la roue K et de la bielle à ressort J'.

L'axe k' de la roue K, prolongé du côté opposé, en dehors du bâti, est muni d'une poulie L (indiquée en lignes ponctuées, fig. 8) qui commande la poulie L', calée sur l'axe du rouleau égreneur A. Cet axe transmet le mouvement au rouleau démêleur H, par l'intermédiaire du pignon l et de la grande roue M. Celle-ci n'est pas fixée sur l'axe du démêleur; elle y est ajustée à frottement doux, et son moyeu est fondu d'un côté avec une gorge m, entourée par une fourchette qui fait partie du levier à manette M'; et de l'autre côté, avec une saillie conique destinée à pénétrer dans le cône de friction m' fixé sur l'arbre.

Il résulte de cette disposition, qu'en agissant sur la poignée du levier M', on peut rapprocher ou éloigner la roue M du manchon de friction m', et par suite arrêter le mouvement de l'alimentation, s'il y a engorgement par exemple, indépendamment des autres organes travailleurs de la machine.

Le rouleau cannelé h et le cylindre r de la toile sans fin qui forment le complément de l'alimentation, sont commandés par une série de petites roues d'engrenage et de pignons vus en plan, fig. 9 et sur le tracé, fig. 11. Le cannelé h est muni, à cet effet, d'un petit pignon n, qui engrène avec une roue intermédiaire n', dont l'axe porte le pignon o engrenant avec la roue O. Celle-ci est calée sur l'axe du cylindre r de la toile sans fin, qui tourne dans le sens indiqué par la flèche pour faire avancer le coton vers le cylindre cannelé h, lequel tourne en sens inverse sous l'impulsion du pignon p', qui est commandé par celui p, fixé sur le même axe que la roue O, c'est-à-dire sur l'axe du cylindre r.

Le coton, ainsi amené par la toile sans fin et le cannelé h au démêleur H, est ouvert et présenté à l'action du peigne J, qui le transporte touffes par touffes devant le rouleau A, entre la règle fixe a et les règles mobiles b et b', lesquelles opèrent le dépouillement des graines à la manière ordinaire.

Au-dessus du rouleau H se trouve une rangée de pointes s (fig. 8), à travers lesquelles passe le peigne oscillant J; de cette façon ces dents restent exemptes de coton. Derrière le rouleau égreneur se trouve un rouleau en bois dur G, à cannelures arrondis, destiné à détacher le coton en filaments pour le laisser tomber le long du plan incliné E. Ce rouleau est actionné par une corde qui passe sur deux poulies à gorge, l'une fixée sur l'arbre inférieur k' et l'autre s' (fig. 9) sur l'axe dudit rouleau.

FORCE MOTRICE ABSORBÉE PAR LES MAC CARTHY-GIN.

Comme pour un grand nombre d'outils et de machines de filature, on est généralement peu d'accord sur la force motrice absorbée par les ma-

chines à égrener; cette force n'est pas, en effet, facile à déterminer d'une manière précise, car elle dépend toujours d'un grand nombre de conditions qui sont variables et qu'il faut examiner avec soin, sous peine d'arriver, si on en néglige quelques-unes, à des résultats tout différents et même quelquefois contradictoires. C'est ainsi qu'il faut tenir compte de l'état d'entretien de la machine, de son alimentation, de la nature des matières en traitement, de la vitesse la plus convenable à communiquer respectivement à chacun des organes, etc., etc.

Ainsi, dans le mémoire que nous avons cité plusieurs fois, et aussi dans les renseignements fournis par des constructeurs, on trouve, comme le fait bien remarquer M. G. Burnat, des écarts difficiles à expliquer, soit comme force motrice absorbée, soit comme production journalière.

Voici pourtant des résultats d'expériences sérieuses qui résultent d'une série d'essais entrepris par les soins du comité de la Société de Mulhouse :

Tours par 1' de l'arbre des bielles.	Tours par 1' du rouleau égreneur.	Machine fonctionnant	Kilogrammètres absorbés.
481	81	sans coton	109
483	81 5	avec coton	126
494	84	id.	139
537	91	id.	145

La moyenne des trois essais, dans lesquels la machine a été alimentée de coton, a donc donné 137 kilogrammètres ou 1,8 cheval. Il convient d'observer, ajoute le rapporteur, que la machine expérimentée était entièrement neuve et sortait de l'atelier du constructeur; que le couteau fixe était appliqué avec une forte pression contre le rouleau, et que les poulies de commande paraissaient être d'un trop faible diamètre, car elles exigeaient une très-forte tension de courroies. Ces circonstances ont dû influer dans le sens d'une notable augmentation de force motrice. Quoi qu'il en soit, ce résultat montrerait que, en comprenant les transmissions générales à un atelier, on ne pourrait guère admettre moins de :

3 chevaux pour 2 machines, ou 60 chevaux pour 40 machines.

D'autres essais faits sur une autre machine du même système, et construit par M. Dunlop, ont donné les résultats suivants :

Tours par 1' de l'arbre des bielles.	Tours par 1' du rouleau égreneur.	Machine fonctionnant	Course de la règle mobile.	Kilogrammètres absorbés.
513	93	avec coton	37	72
513	93	à vide	37	54
513	93	avec coton	37	72
485	88	id.	37	68

D'après les chiffres ci-dessus, la machine expérimentée aurait dé-

pensé environ un cheval vapeur pour fonctionner convenablement, et sa production a été de 10 à 11 kilog. de coton égrené par heure.

PRODUCTION ET PRIX DES MACHINES A ÉGRENER.

La production, comme le prix des machines à égrener, sont aussi variables que la force motrice absorbée pour les mettre en mouvement.

Voici pourtant d'après divers documents, et principalement d'après le dernier Mémoire de la Société industrielle de Mulhouse, quelques chiffres qui permettront de fixer les idées à cet égard :

La production des *roller-gins* ordinaires, mus à bras, est estimée de 10 à 12 kilog. de coton égrené par journée.

Le *roller-gin* perfectionné de M. Platt (décrit page 264), actionné par un moteur, peut produire, d'après le constructeur (1), de 40 à 45 kilogrammes de coton net de graines par journée, correspondant à un travail

de 160 à 180 kilogrammes de coton brut.

La production des *mac-carthys* est généralement plus élevée ; elle peut s'élever de 75 à 100 kilog. de coton épluché par jour (2),

correspondant de 300 à 400 kilog. de coton brut;

mais à la condition de les faire fonctionner par un moteur puissant puisque, comme on l'a dit plus haut, à vide seulement, la machine absorbe de 54 à 109 kilogrammètres.

Les constructeurs anglais donnent généralement une estimation un peu différente; ils ne font absorber pour deux machines, en les faisant marcher moins vite sans doute, qu'un cheval nominal; la production aussi n'est souvent estimée qu'à 50 à 60 kilog. de coton net par jour.

Quant aux prix, voici quelques-uns de leurs tarifs :

PRIX COURANT DE L'ASSOCIATION DE MANCHESTER.

Frais d'emballage et d'expédition non compris.

Machines	à bras	*Roller-Gin*.			de 87 à 300 f
id.	à moteur	id.	larg.	0m 30	137 à 250
id.	id.	id.	id.	0m 90	300 f
id.	id.	*Mac-Carthy*,	id.	1m	250
id.	id.	id.	(Dunlop), larg.	1m	300
id.	id.	id.	(Platt) id.	0m 65	500

(1) Dans une expérience faite sur cette machine par M. G. Burnat, avec du coton brut d'Algérie, la production, comme nous l'avons dit page 266, n'a été que de 1 kilog. 5 par heure.

(2) Nous avons vu plus haut que, dans les essais dirigés par M. G. Burnat, la production avait été de 10 à 11 kilog. de coton égrené par heure.

PRIX COURANT DE LA MAISON RANSOMES ET SIMS, A IPSWICK.

MAC CARTHYS PERFECTIONNÉS.

(Alimentation mécanique, couteau double. Fig. 8 et 9. Pl. 23.)

N° 1. Alimentation mécanique.	Prix de la machine.	Emballage.	Total à Londres.
Largeur 0m600	575f	70f	645f
N° 2. Alimentation à la main.			
Largeur 0m600	344f	46f	390f
N° 3. Alimentation à la main.			
Largeur 0m800 (1)	402f	55f	455f
Roller-Gin, à bras.	344f	46f	390f
id. à moteur.	287f	39f	326f

Le poids brut, emballage compris, est d'environ 280 kilog.

Le prix des transmissions varie suivant le nombre de gins; il est en général moins élevé pour les Rollers-Gins que pour les Mac Carthys. On estime que trois Mac Carthys, y compris poulies de commande par le moteur, courroies et emballage, coûtent, en Angleterre, 744 fr.

La Société industrielle de Mulhouse, dans le programme des prix qu'elle propose pour être décernés en 1864, offre une médaille d'or pour une *nouvelle machine à égrener le coton.*

« Les machines à égrener, connues jusqu'à ce jour, dit le programme, offrent divers inconvénients.

« Les machines dites *Saw-Gins*, dont la production est considérable, puisqu'elle peut atteindre 2 à 300 kilog. de coton net de graines par jour de douze heures, déchirent la soie et altèrent très-notablement les fibres.

« Les machines dites *Mac Carthys*, qui ménagent les cotons, ont une production qui atteint à peine 100 kilog. par jour : elles absorbent une force motrice (jusqu'à 1 cheval par machine).

« Enfin, les *Roller-Gins* ou *Churkas* ont une production encore plus faible que celle des Mac Carthys.

« On demande une machine dont la production équivaudrait à celle des Saw-Gins, qui n'absorberait pas une force motrice sensiblement plus considérable que ces derniers appareils, et qui pourrait être utilisée pour les cotons longue et courte soie, sans déchirer les fibres. »

(1) Le poids de la machine emballée est d'environ 470 kilog.

MACHINES A ÉGRENER LE COTON

DE DEUX MODÈLES

L'UN FONCTIONNANT A BRAS, L'AUTRE PAR MOTEUR

Par M. FRANÇOIS DURAND, constructeur mécanicien à Paris,

(PLANCHE 24.)

Parmi les machines à égrener le coton, qui ont été proposées dans ces derniers temps, et dont nous venons de décrire les principales dispositions, nous signalerons d'une façon toute spéciale les égreneuses de M. F. Durand, qui, basées sur le système des *Roller-Gins*, se distinguent de ceux-ci par leur plus grande simplicité, par la meilleure disposition de tous les organes et par la perfection de leur travail, avantages d'autant plus appréciables qu'ils les rendent propres à l'égrenage de tous les cotons, auxquels elles laissent leur qualité et leur valeur pécuniaire, alors que le *Saw-Gin*, par exemple, les déprécie de 50 p. 100.

Ces machines sont construites suivant deux modèles différents :

Le *premier modèle*, disposé pour marcher à bras d'homme, est destiné à rendre d'importants services dans les pays où, par suite des circonstances locales, et c'est le cas le plus ordinaire, on ne peut installer ni moteur hydraulique ni moteur à vapeur, et quelquefois même pas de manéges.

Le volume de ces petites machines est peu considérable, puisque leur poids n'est que de 17 kilog. environ; elles présentent, en outre, la facilité de pouvoir être fixées sur n'importe quelle planche ou quelle poutre; et leur simplicité est telle, qu'en moins d'une heure, la personne la moins expérimentée peut s'en servir utilement.

Une femme ou même un enfant, conduisant une de ces petites machines, peut produire de 7 à 10 kilogrammes de coton net par journée de douze heures de travail.

Le *second modèle* d'égreneuse de M. F. Durand se compose des mêmes éléments disposés sur un bâti plus important, recevant les divers engrenages, arbres et poulies, qui donnent le mouvement aux organes travailleurs. Cette machine, mise en mouvement par un moteur quelconque, produit naturellement une quantité plus considérable que la

petite machine à bras, et, comme celle-ci, ne laisse rien à désirer sous le double rapport de la simplicité et du bon fonctionnement.

Elle est encore relativement peu volumineuse, et son installation est presque aussi facile ; les mèches qu'elle délivre sont bien nettoyées et présentent un aspect soyeux des plus avantageux pour la vente.

Sa production journalière, suivant la nature des cotons, peut varier de 25 à 30 kilogrammes.

DESCRIPTION DE L'ÉGRENEUSE A BRAS.

FIG. 1 ET 2. PL. 24.

La figure 1re représente cette petite machine en section transversale;

La figure 2e, en une vue de face du côté des organes travailleurs.

Comme on peut le voir en examinant ces deux figures, la machine se compose simplement de deux paires de rouleaux tangents : les deux de devant A et A′ sont les rouleaux égreneurs, entre lesquels a lieu la séparation complète des graines des filaments. Les deux autres rouleaux B et B′sont les délivreurs; ils reçoivent le coton des égreneurs pour le laisser tomber dans une boîte ménagée à cet effet sous la machine.

Ces quatre cylindres tournent dans des coussinets ajustés sur les deux montants C et C′ formant le bâti, et fondus d'une même pièce avec le socle évidé *c*, que l'on fixe au moyen de deux vis *c′* sur un établi ou une table quelconque T.

Les coussinets des rouleaux supérieurs A′ B′ sont ajustés entre des guides verticaux, afin de pouvoir, au besoin, se soulever pour le passage du coton. Deux ressorts *a* et *b* font pression, l'un sur le cylindre A′, l'autre sur celui B′, et les maintiennent constamment en contact avec les rouleaux inférieurs A et B.

Le rouleau égreneur A est strié, c'est-à-dire que sa circonférence est munie de rainures hélicoïdales, à pas très-allongé et à bords presque tranchants. Par suite de cette disposition, les filaments présentés devant les rouleaux commencent à s'engager dans les rainures en hélice du cylindre inférieur; puis se trouvent serrés par le rouleau supérieur A′, comme entre les cylindres d'un laminoir.

Par le fait de la rotation rapide transmise en sens inverse aux deux égreneurs A et A′, les graines, arrêtées par le contact presque intime des circonférences et entraînées par les spires de l'hélice, glissent le long du rouleau inférieur en se dépouillant entièrement de leur duvet, et sans risquer d'être écrasées entre les rouleaux.

Les cylindres délivreurs B B′, placés derrière ceux-ci, s'emparent du coton qu'ils débitent et le jettent dans une sorte de trémie que forment les deux bâtis de la machine et une petite plaque de tôle mince *d*. Le

coton égrené se rend ensuite, en glissant le long de la plaque *d'*, dans une boite placée sous l'établi, d'où il est retiré suivant les besoins.

Le cylindre délivreur supérieur B' peut être facilement éloigné ou rapproché du cylindre égreneur, suivant que la nature du coton en œuvre l'exige, au moyen d'une vis de rappel *e* taraudée dans l'épaisseur des deux côtés C, C', qui forment le bâti proprement dit de la machine.

COMMANDE DE LA MACHINE. — Pour donner aux cylindres égreneurs la vitesse de rotation nécessaire, M. Durand a dû employer un certain nombre d'engrenages, sans cependant les trop multiplier, ce qui eût augmenté la force à produire pour donner le mouvement à la machine.

Sur l'un des côtés C est fixé un axe prisonnier *e'*, sur lequel tourne fou un volant en fonte D, muni d'une manivelle D'. Sur le moyeu de ce volant est fixé un pignon E, qui engrène avec une petite roue intermédiaire E', folle sur un boulon *b* prisonnier dans le bâti C. L'engrenage E' donne le mouvement au pignon *f*, taillé à l'extrémité du cylindre égreneur inférieur A; ce pignon *f* engrène avec celui *f'*, taillé à l'extrémité de l'axe du cylindre égreneur supérieur A'.

Le mouvement de rotation est communiqué aux cylindres délivreurs par le même engrenage intermédiaire E', qui, à cet effet, engrène avec le pignon *g* (vu en lignes ponctuées, fig, 1), fixé à l'extrémité de l'axe du délivreur inférieur B, lequel communique son mouvement au cylindre supérieur B' au moyen de deux pignons *i i'* (fig. 2), fixés du côté opposé de leur axe respectif et engrenant ensemble.

Le mouvement des quatre cylindres, constituant les organes travailleurs de la machine, est donc parfaitement dépendant de celui du volant D, et les différents engrenages qui transmettent ce mouvement ont été calculés de façon à produire les vitesses convenables, vitesses qui peuvent varier suivant les cotons à égrener.

MARCHE DE LA MACHINE. — A l'arrivée sur le lieu de l'exploitation, la machine n'a nullement besoin d'ouvriers spéciaux pour être montée et réglée, elle est tout en état; il suffit simplement de la fixer sur une table ou une planche placée à une hauteur convenable, sous un abri quelconque. Une fois fixée, la machine peut commencer son service, et l'ouvrier chargé de la conduire, après s'être assuré du graissage des différents tourillons et avoir disposé près de lui le coton qu'il doit égrener, fait tourner de la main droite le volant D qui donne le mouvement aux cylindres, pendant que de la main gauche il présente au contact des cylindres égreneurs le coton en graines, qui s'y engage immédiatement, pendant que la graine tombe en avant sur le petit tablier en tôle *d*, qui la conduit dans un récipient convenablement disposé. Le coton égrené passe, comme nous l'avons vu plus haut, dans l'intérieur de la machine et se rend dans une caisse disposée à cet effet sous l'établi.

AVANTAGES QUE PEUVENT PRÉSENTER LES ÉGRENEUSES A BRAS COMPARATIVEMENT AUX ÉGRENEUSES MÉCANIQUES.

M. Durand est d'avis que son système fonctionnant à bras doit présenter de sérieux avantages sur les machines qui exigent une force motrice, surtout si elles sont destinées à l'établissement d'un égrenage dans les Indes. A l'appui de cette assertion, il établit comparativement des prix de revient d'installation des machines et des prix de main-d'œuvre pour l'égrenage.

D'après des renseignements qui lui ont été fournis, pour monter dans les Indes un égrenage pouvant produire 5,000 kilog. de coton net par jour, on devrait faire usage de 100 égreneuses mécaniques, celles-ci ne produisant en moyenne que 50 kilog. chacune ; il serait même nécessaire d'en avoir 120, car on doit en compter au moins 20 qui ne travailleraient pas pour cause de réparation et autres. Le prix de ces machines étant de 500 fr. l'une, produit une somme de 60,000 fr.

On ne peut estimer la force motrice nécessaire pour actionner les 100 machines, qui devront toujours être en activité, à moins de 60 chevaux-vapeur. Cette force devrait être produite par deux machines de 30 chevaux chacune, afin qu'en cas de réparation, il y en ait toujours une en état. Ces deux machines avec leurs chaudières de rechange et accessoires pourraient coûter d'achat environ 70,000 fr.

Avec les frais de transport, des constructions pour l'installation des machines et des transmissions, les ouvriers monteurs européens, 8 mécaniciens et 2 chauffeurs, personnel d'administration, etc., M. Durand compte que l'installation complète pourrait s'élever à la somme de 256,000 fr., ainsi répartie :

Achats des égreneuses.	60,000 fr.
id. des machines motrices.	70,000
Frais de transport, constructions diverses et constructeurs.	70,000
Frais d'engagement d'ouvriers européens pour la première année.	36,000
Frais de personnel d'administration.	20,000
Total.	256,000 fr.

En outre de ces dépenses, qui ne mènent qu'à l'installation complète, viendraient naturellement s'ajouter les frais généraux qui se continueraient ; car il faudrait conserver une partie des ouvriers européens pour la marche et les réparations des machines motrices et des égreneuses, et payer très-cher le combustible, rare dans ces contrées, pour l'alimentation des générateurs.

Dans les Indes, comme dans tous les pays producteurs du coton, la campagne d'égrenage ne dure qu'une partie de l'année ; il n'en faut pas

moins conserver les ouvriers européens, nouvelle différence de frais en faveur des machines à bras.

Pour produire avec ces dernières la même quantité que les 100 égreneuses mécaniques citées ci-dessous, soit 5,000 kilog. de coton net par jour, comme leur rendement est, comme il a été dit, de 7 à 10 kilog., il faudrait 700 machines à 75 fr. chacune. . . . . 52,500 fr.

Frais de transport. 6,000

Soit. . . . . 58,500 fr.

Ces machines fonctionnant aussitôt leur arrivée, sans transmission et presque sans installation, les autres frais, avant la production, peuvent être négligés dans le prix de revient, et on trouve en faveur des petites machines à bras la différence de

256,000 fr. — 58,500 = 197,500 fr.

Si les prix payés pour l'égrenage sont plus avantageux sur un point que sur un autre, suivant le résultat de la récolte, on a la facilité d'y transporter les machines (1), que les indigènes peuvent faire fonctionner. Ajoutons qu'il n'y a pas de frais de montage ni de construction, pas de personnel européen à payer à l'année, pas de préoccupation pour l'approvisionnement de combustible, enfin les frais seront presque nuls pendant la morte saison; il suffit d'enduire les machines d'une couche de chaux éteinte pour éviter l'oxydation et les renfermer dans un magasin.

Quant au prix de l'égrenage, dans les deux cas de l'emploi des égreneuses mécaniques et dans celui des égreneuses à bras, voici comment M. Durand les établit :

ÉGRENEUSE MÉCANIQUE.

10 ouvriers européens pour la conduite, l'entretien et la réparation des machines. . . .	3,000 fr.
100 personnes pour l'égrenage à 60 c. par jour.	1,800
Pour combustible, 3 tonnes par jour, à 100 fr.	9,000
Total.	13,800 fr.

ÉGRENEUSE A BRAS.

700 personnes pour conduire le même nombre de machines, à 60 c. par jour.	12,600 fr.
Donc sur la façon, la différence par mois, en faveur des machines à bras, est de.	1,200 fr.

Il faut ajouter à ce bénéfice une plus-value de 10 à 15 cent. par kilog. sur le coton, comparé à celui égrené par les autres systèmes.

(1) Ces machines ne pèsent, comme nous l'avons dit, que 17 kilog. l'une, et pour le transport on peut en mettre quatre dans une caisse de 9 décimètres cubes, ce qui permet de les changer de localité sans frais important.

DESCRIPTION DE L'ÉGRENEUSE MÉCANIQUE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 3 A 6.

L'égreneuse mécanique n'est en réalité qu'une modification de la machine à bras disposée de manière à pouvoir y faire l'application d'un moteur, ce qui la rend susceptible de produire une quantité beaucoup plus considérable de coton égrené dans un même temps.

Cette machine est représentée pl. 24, à l'échelle de 1/5 d'exécution.

La fig. 3 est une vue de face du côté des engrenages;

La fig. 4 est un plan vu en dessus.

La fig. 5 est une section longitudinale faite suivant la ligne 1-2.

Les fig. 6 et 7, dessinées à une échelle double, font voir en plan et en coupe verticale la construction des cylindres, et leur disposition pour l'égrenage.

Il est facile de reconnaître, en considérant ces figures, que la machine se compose de trois séries d'organes.

1° Une paire de cylindres alimentaires.

2° Une paire de rouleaux égreneurs.

3° Une paire de rouleaux délivreurs.

Elle diffère de la machine à bras par l'alimentation qui est continue, et par l'agencement des engrenages et de la commande.

Ces différentes pièces sont supportées par un bâti en fonte composé de deux flasques verticales C et C', réunies par les entretoises *c*. Le rouleau égreneur inférieur A, dont la surface est cannelée en hélices allongées, comme pour la machine à bras, tourne dans des coussinets ajustés à postes fixes sur le bâti.

Le rouleau égreneur supérieur A', recouvert d'une feuille de parchemin engagée dans une rainure pratiquée sur sa génératrice, tourne dans des coussinets qui lui permettent de se déplacer verticalement pour le passage du coton; des ressorts *a*, fixés au bâti, exercent sur les coussinets, et par suite sur le cylindre, une pression constante qui le maintient continuellement en contact avec le rouleau cannelé A.

Derrière les cylindres égreneurs sont placés les cylindres délivreurs B et B', qui tournent dans des coussinets rapportés sur le bâti; les coussinets du rouleau supérieur B' reçoivent, comme celui A', la pression des ressorts *b* (fig. 3), afin que les deux rouleaux appuient constamment l'un sur l'autre. Le cylindre délivreur supérieur peut aussi être rapproché du cylindre égreneur au moyen des deux vis *e*, taraudées dans l'épaisseur des bâtis et faisant pression sur les coussinets du cylindre supérieur B'.

Sur ce cylindre s'enroule le tablier sans fin en cuir F, lequel passe ensuite sur le rouleau en bois B^2. La surface du cylindre B', ainsi recouverte de cuir, frotte sur l'égreneur supérieur A', et lui enlève le coton égrené pour le jeter dans la partie postérieure de la machine.

De même le cylindre B frotte sur le cylindre A, et lui enlève le coton égrené pour le rejeter en arrière.

Le tablier sans fin pouvant entraîner avec lui quelques filaments, il a suffi de disposer à l'extrémité, au-dessus du rouleau B^2, un simple rouleau en bois B^3, qui les retient au passage et qu'il suffit de nettoyer de temps à autre. Ce rouleau B^3 est guidé par ses extrémités dans deux supports à coulisses F′, rapportés de chaque côté du bâti.

L'alimentation continue est obtenue au moyen d'un tablier en cuir I, disposé à l'avant de la machine. Ce tablier s'enroule, d'une part, sur un cylindre en fer *h*, mobile dans des coussinets ajustés sur le bâti, près des cylindres égreneurs; et d'autre part, sur un petit cylindre G, supporté à ses extrémités par deux consoles parallèles en fonte H, fixées au bâti. La tension de ce tablier est obtenue facultativement par l'éloignement du cylindre G de celui *h*. Dans ce but, le cylindre G peut se déplacer horizontalement dans une coulisse ménagée dans l'épaisseur des consoles, et être arrêté dans une position déterminée à l'aide de deux petits leviers H′, pouvant agir sur les deux bouts de l'axe pour faire l'office de tendeur, et maintenir cet axe bien parallèlement à celui des égreneurs.

Le cylindre alimentaire supérieur *h′* est composé d'un axe en fer recouvert d'un tube en caoutchouc très-épais (fig. 6 et 7), maintenu constamment en contact avec le tablier I; ses deux extrémités tournent dans des coussinets établis à postes fixes sur le bâti.

Tout étant ainsi disposé, si on étale du coton sur le tablier, celui-ci le fera avancer lentement jusqu'à ce que les bouquets avec leurs graines s'engagent sous le cylindre en caoutchouc *h′*, lequel les conduira aux rouleaux égreneurs, en les comprimant légèrement, mais, par suite de leur élasticité, sans écraser les graines; disposition très-simple qui assure la régularité de l'alimentation. Un espace libre existe entre les cylindres égreneurs, afin que la graine isolée des filaments puisse tomber avec facilité sur le tablier incliné *d′*, dont les côtés sont pourvues de feuilles de tôle, de façon à former un petit compartiment à l'intérieur de la machine, afin de rejeter cette graine au dehors.

COMMANDE DES DIVERS ORGANES DE LA MACHINE. — Tous les cylindres qui composent la machine sont mis en mouvement au moyen d'un certain nombre d'engrenages qui reçoivent leur commande d'un seul arbre moteur J, traversant la machine pour reposer dans des paliers qui font partie des deux flasques C et C′ formant le bâti. D'un côté, cet arbre est prolongé pour recevoir la poulie fixe D et la poulie folle D′. Un débrayage, composé d'un levier en fonte K, articulé au point *k*, et d'une fourchette en fer *k′* qui y est fixée, permet de faire passer la courroie motrice d'une poulie sur l'autre, pour donner ou interrompre à volonté le mouvement à la machine.

Sur ce même arbre J, du côté opposé à la poulie motrice, est fixée une roue d'engrenage E, de 64 dents, qui donne le mouvement à un

pignon intermédiaire E′, de 31 dents (fig. 4 et 5), lequel le transmet à son tour au pignon f, de 16 dents; celui-ci est fixé à l'extrémité du cylindre délivreur inférieur B, pour commander le cylindre supérieur B′ au moyen du pignon f', de 22 dents, qui engrène avec le premier.

Les cylindres égreneurs reçoivent leur mouvement de rotation continue du pignon L, de 48 dents, fixé sur l'arbre moteur, en dehors du bâti C′. Ce pignon commande une roue intermédiaire L′, de 46 dents, qui engrène avec le petit pignon i, de 10 dents, dont le cylindre cannelé est muni à son extrémité; ce pignon i donne le mouvement à celui i', d'un même nombre de dents, calé sur l'axe de l'égreneur supérieur A′.

Les cylindres alimentaires, dont la vitesse doit être bien moins considérable, sont commandés par un plus grand nombre de pignons. Ainsi l'arbre moteur J porte un autre petit pignon l, de 22 dents, qui engrène avec la roue dentée M, de 90 dents, sur le moyeu de laquelle est fixé le pignon l', de 30 dents, qui donne le mouvement à la roue M′ également de 90 dents. Cette dernière porte un pignon l^2, de 22 dents, lequel, par la roue intermédiaire N, de 40 dents, donne le mouvement à la roue O′ de 22 dents, fixée à l'extrémité de l'axe du cylindre alimentaire h; ce dernier porte à son autre extrémité un petit pignon n, de 15 dents, engrenant avec celui n', du cylindre h', lequel se trouve ainsi commandé par le cylindre inférieur h.

Un défenseur en fonte P, indiqué en lignes ponctuées sur les fig. 3 et 4, recouvre les engrenages pour éviter les accidents, toujours trop fréquents, qui se produisent avec des machines dans lesquelles les engrenages sont en grand nombre.

Voici les dimensions principales des organes travailleurs et leur vitesse respective :

	Diamètres.	Tours par 1′.
Arbre moteur J	0m300	270
Cylindres d'alimentation h et h'	0m028	67
id. égreneur A et A′	0m028	1,296
id. délivreur supérieur B′	0m036	1,153
id. — inférieur B	0m036	786
Rouleau nettoyeur B²	0m060	786

Tous ces rouleaux travaillent sur une longueur de 22 centimètres.

Marche de la machine. — L'égreneuse est fixée sur le bâti en bois T, qui doit être monté sur des pieds assez élevés pour que le tablier se trouve placé à hauteur convenable au service, et pour avoir la facilité de placer sous la machine une boîte destinée à recevoir les produits égrenés. Une autre boîte disposée à l'avant sert de récipient pour les graines dépourvues de filaments.

Tout étant ainsi disposé et la courroie motrice en place sur la poulie fixe D, un manœuvre suffit pour l'alimenter; son travail ne consiste qu'à charger le tablier d'avant I d'une nappe de coton en graines, et de bien

répartir cette nappe sur sa largeur, de façon à éviter les engorgements qui pourraient se produire sans cette précaution si les cylindres égreneurs n'étaient pas alimentés régulièrement, comme cela a lieu, lorsque les bouquets de coton s'y présentent en abondance sur un même point.

Le tablier ainsi chargé s'avance lentement vers les égreneurs, et engage les touffes de coton garnies de leurs graines entre le cuir du tablier et le caoutchouc du cylindre alimentaire supérieur *h'*. C'est alors que les filaments sont saisis par les cannelures du rouleau égreneur inférieur qui les force à s'engager entre lui et l'égreneur supérieur. Ces deux rouleaux, d'un très-petit diamètre, étant animés d'une grande vitesse, entraînent les filaments du coton en les dépouillant de leurs graines, tandis que ces dernières, ne pouvant pénétrer sous les rouleaux, et roulées dans le sens longitudinal par les cannelures du rouleau A, tombent en dehors sur le plan incliné *d* qui, avec la cloison en tôle d^2 et les côtés de la machine, forme une sorte de trémie sous les cylindres délivreurs.

Les mèches de coton sont ensuite saisies par le tablier F et les cylindres B et B', lesquels frottent sur les égreneurs en les débarrassant de tous les filaments qui peuvent s'y attacher, et qu'ils rejettent dans la boîte inférieure.

PRODUCTION, FORCE ABSORBÉE ET PRIX DES ÉGRENEUSES MÉCANIQUES DE M. DURAND.

Des expériences dynamométriques ont été faites avec le plus grand soin sur cette machine au Conservatoire impérial des Arts et Métiers, sous la direction de M. Tresca.

Le procès-verbal de ces expériences constate :

« Que la machine à égrener de M. Durand exige un travail, à sa vitesse normale de 270 tours par minute, de 3,168 kilogrammètres par seconde pour produire par heure 2^k50 de coton égrené, ou, ce qui revient au même, pour enlever la graine de 10 kilogrammes de coton brut.

« Un homme ordinaire pouvant développer 6 kilogrammètres par seconde, on voit qu'il faudrait employer cinq hommes pour produire par heure 2^k5 de coton égrené, soit 1 kilogrammètre pour deux hommes. Il y a déjà loin de ce résultat à ce que l'on obtient, dans les plantations, par le travail à la main.

« En résumé, ajoute le rapporteur, la nouvelle machine de M. Durand est intéressante en ce qu'elle opère d'une manière continue; elle est d'une construction simple; desservie par un manœuvre, et par une force un peu inférieure à un demi-cheval, elle peut extraire par heure, de 10 kilogrammes de coton brut, les 2^k5 de filaments égrenés. »

Nous dirons en terminant que cette machine, dont le prix est peu élevé, 250 francs, est particulièrement avantageuse pour les cotons

longue soie, dont elles dressent les fibres, sans jamais les briser et sans écraser aucune graine.

Aussi le coton qu'elle égrène est devenu sur les marchés l'objet d'une préférence qui se traduit souvent par une plus-value de 10 à 15 centimes par kilogramme.

Nous avons encore à constater le succès complet des deux machines qui viennent d'être décrites. Expérimentées, à Mulhouse, par MM. Dollfus Mieg et Cie, ces messieurs, dont la compétence ne peut être mise en doute, se sont empressés d'en faire expédier deux modèles à leur établissement d'égrenage d'Alger.

La Société d'Encouragement, à la suite d'un rapport des plus favorables, vient de décerner à M. F. Durand une médaille d'or pour ses égreneuses.

Enfin, ce qui peut résumer toutes ces preuves de succès, c'est la lettre que M. Durand vient de recevoir du ministre secrétaire d'État de la guerre, Son Excellence le maréchal Randon, dont voici la copie :

« Monsieur,

« Dans le courant du mois d'octobre dernier, vous avez bien voulu faire déposer à l'exposition permanente de l'Algérie, à Paris, une machine à égrener le coton de votre invention, que vous désiriez offrir à l'administration de la colonie.

« Cette machine a été envoyée à M. le maréchal gouverneur général, qui a dû la soumettre à l'examen de la Société impériale d'agriculture d'Alger.

« M. le duc de Malakoff vient de m'adresser copie du rapport présenté à ce sujet à la Société d'agriculture. Il en résulte que le travail de votre machine a été trouvé satisfaisant et son emploi reconnu très-avantageux dans les petites exploitations (1).

« M. le gouverneur général ajoute que toute publicité sera donnée aux résultats de cette expérience, comme à tous autres détails de nature à intéresser les planteurs qui seraient dans l'intention de se pourvoir de ces moyens d'égrenage.

« Recevez, Monsieur, etc. »

(1) Il est question ici de la petite machine fonctionnant à bras.

FOURS A GAZ

ET

A CHALEUR RÉGÉNÉRÉE

APPLIQUÉS DANS DIVERSES INDUSTRIES.

Par MM. W. ET F. SIEMENS, ingénieurs à Londres.

(PLANCHE 11)

M. William Siemens et son frère M. Frédéric Siemens, tous les deux ingénieurs habiles et bien connus dans le monde industriel pour leurs intéressantes découvertes, s'occupent depuis déjà fort longtemps, avec une persévérance qu'un plein succès paraît devoir récompenser, du chauffage par le gaz (1) des fours de verrerie, des fours à puddler et à réchauffer, ainsi que des fours à gaz, à zinc, à fondre l'acier, le

(1) On se rappelle sans doute que dans un précédent article nous avons décrit avec détails les appareils de M. Venini pour le *chauffage des fours à vitres par les gaz des fours à coke*. L'idée d'utiliser indirectement le calorique développé par les combustibles en le transformant préalablement à l'état gazeux, n'est pas neuve, comme on sait.

M. Corbin Desboissières, qui s'est beaucoup occupé de perfectionner les fours, afin d'arriver à diminuer la consommation du combustible et dont nous avons publié divers appareils métallurgiques, a cru pouvoir nous assurer que cette idée de l'emploi du gaz engendré dans un foyer séparé est due au savant M. Ebelmen, qui en a fait le sujet d'un rapport à l'Académie des sciences, il y a au moins une quinzaine d'années.

De nombreux brevets ont été pris pour cette application. Nous en avons déjà indiqué plusieurs dans le *Génie industriel*, nous croyons devoir aujourd'hui mentionner tout particulièrement celui de M. d'Andelarre qui, dès 1841, se faisait breveter pour l'*application des gaz des hauts fourneaux et autres foyers industriels ou produits divers au traitement métallurgique et aux usines à fers, et la création et l'utilisation des gazautres que ceux des hauts fourneaux.*

Ce brevet fut suivi d'un grand nombre d'additions, pendant les années 1841 et 1842, puis, plus tard, en 1844, d'une dernière addition aux noms collectifs d'Andelarre, et de MM. Thomas et Laurens, qui ont su y apporter d'utiles améliorations. Ces savants ingénieurs, sur les principes de leur brevet, ont fait établir, il y a 7 ou 8 ans, un appareil spécial devant utiliser les gaz provenant de combustibles inférieurs pour chauffer un four de cristallerie, afin de remplacer le chauffage au bois.

cuivre, etc., dans le but, non-seulement d'économiser le combustible, mais encore de pouvoir employer des combustibles inférieurs, tout en produisant dans l'appareil une chaleur régulière et uniforme, et dont l'intensité puisse se régler selon les besoins de la fabrication à laquelle le procédé est appliqué, ou suivant la nature des opérations effectuées dans le four.

Les fours de MM. Siemens sont disposés pour que la combustion soit entretenue au moyen de gaz combustibles et d'air atmosphérique préalablement chauffés à un degré de chaleur presque égal à celui qui règne dans le four, en passant à travers des chambres contenant des matériaux réfractaires et formant des carneaux réticulés, destinés à absorber toute la chaleur qui s'échappe du fourneau de combustion, et qui sans cela serait perdue en s'échappant par la cheminée. Ce sont ces chambres munies de carneaux réticulés que les auteurs appellent *Régénérateurs*.

Chaque four en opération doit avoir pour son service au moins quatre de ces régénérateurs, situés au dessous ou près du sol du four; deux sont employés pendant un certain temps à chauffer le gaz et l'air atmosphérique destinés à entretenir la combustion, qui a lieu dans le four même, tandis que les deux autres sont chauffés par les produits de cette combustion passant au travers, en sens inverse.

Quand ces derniers régénérateurs ont été suffisamment chauffés par ce moyen, on renverse, à l'aide de clapets disposés *ad hoc*, la direction des courants de gaz et d'air, de façon à les faire entrer séparément dans ces régénérateurs, pour qu'ils y soient fortement chauffés et qu'ils deviennent en ignition en se mélangeant à leur entrée dans le four.

Les produits de leur combustion passent alors à travers les premiers régénérateurs en les chauffant de nouveau, et s'échappent ensuite dans une cheminée.

De cette manière, une série de régénérateurs sert à chauffer l'air et le gaz avant d'être enflammés, tandis que l'autre série est chauffée par les produits de leur combustion *et vice versâ*.

Le gaz maintenant la combustion dans le four par les moyens qui viennent d'être indiqués sommairement, proviennent d'un appareil spécial qui est alors le *Générateur à gaz*.

Il est important que les gaz combustibles provenant de la distillation du charbon, de la tourbe, du bois ou d'autres combustibles, soient principalement composés d'hydrogène carboné et d'oxide de carbone, et dépourvus autant que possible d'acide carbonique, d'azote et d'autres gaz incombustibles.

L'appareil doit avoir une action très-régulière et être facile à visiter et à nettoyer. Il est aussi nécessaire que les gaz ne soient pas appelés dans le fourneau par le tirage de la cheminée, mais, au contraire, qu'une pression égale à la pression atmosphérique soit constamment maintenue dans les carneaux qui vont des appareils producteurs au four; car, sans

cela, la moindre trace d'air pénétrant par leurs crevasses viendrait y produire une combustion partielle et un dépôt de charbon.

On obtient ce résultat en forçant les gaz à s'élever d'abord, pour redescendre ensuite à travers des tuyaux recourbés qui les reçoivent au sortir du générateur, et où ils se trouvent refroidis par l'action de l'atmosphère. On évite, en outre, le dépôt du charbon en introduisant, soit dans les générateurs, soit dans les carneaux qui y correspondent des filets d'eau ou de vapeur, qui, réagissant sur des parcelles de carbone solide, les transforment en gaz permanents et combustibles, c'est-à-dire en hydrogène et en oxyde de carbone.

Si l'on possède plusieurs générateurs, il vaut mieux diriger les gaz, qu'ils produisent dans un carneau commun, disposé de manière à alimenter plusieurs fours; on obtient de cette façon une plus grande uniformité dans la quantité et la qualité du gaz.

Nous allons faire connaître, en les décrivant en détails, à l'aide du dessin Planche 25, les appareils imaginés par MM. Siemens, pour la réalisation pratique de leur système de chauffage, basé sur les données théoriques qui précèdent.

DESCRIPTION DU GÉNÉRATEUR A GAZ ET DU FOUR A FONDRE LE VERRE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1 A 5, PLANCHE 25.

La figure 1 représente le générateur à gaz en coupe verticale faite par le milieu de l'un des deux foyers dont l'appareil est composé.

La fig. 2 est une double section faite perpendiculairement à la fig. 1, suivant les lignes 1-2-3-4.

La fig. 3 représente un four rond pour fondre le verre.

La fig. 4 est une coupe perpendiculaire à la précédente du même four, et des régénérateurs de chaleur placés immédiatement au-dessous, ainsi que des conduits munis des valves de renversement.

La fig. 5 est une section horizontale faite suivant la ligne brisée 5-6-7-8 de la fig. 4, et passant à la fois par le four à verre, les régénérateurs, et les conduits munis de valves.

GÉNÉRATEUR.

Le combustible gazeux est obtenu par l'action réciproque du charbon, de l'air et de l'eau à une chaleur rouge sombre dans une chambre A, garnie intérieurement de briques réfractaires.

Cette chambre a 3^{m} 60 de longueur, 2^{m} 20 de largeur et 3^{m} de hauteur, et son mur de face est formé d'une paroi inclinée B, dont la partie supérieure est en briques réfractaires maçonnées sur une plaque en fonte *b*, et la partie inférieure composée de forts barreaux horizontaux *b'*, qui donne accès à l'air.

La paroi entière fait avec l'horizon un angle égal à celui du talus que formerait naturellement le combustible employé. Celui-ci est versé par les ouvertures supérieures *a*, sur cette grille demi-pleine et moitié à claire-voie. Les ouvertures sont fermées, après le chargement, par des couvercles en tôle *a'*, qui reposent sur des plaques en fonte à rebords formant joints hydrauliques, afin d'empêcher l'échappement des gaz.

Le premier gradin de la grille *b'* est formé par un récipient *c*, supporté au milieu de sa longueur, et rempli en partie avec l'eau de petits réservoirs *c'*, avec lesquels il est en communication par le tuyau C.

L'alimentation de l'eau dans le récipient *c* est régularisée par de petits robinets dont les tubes de distribution C' sont munis; et des trous pratiqués vers sa base permettent à l'eau qu'il contient de s'écouler sur le sol du générateur en quantité suffisante pour les besoins de la production.

La distillation du combustible s'effectue dans cet appareil de la manière suivante :

Le feu est allumé au fond du générateur ; la combustion s'opère là seulement où l'air arrive, c'est-à-dire près des barreaux de la grille, mais, comme l'épaisseur de charbon est de 0^m 60 à 0^m 90, suivant la nature ou la qualité du combustible, diverses réactions se passent dans cette masse qui ne peut brûler par défaut d'air.

Ainsi, la partie supérieure du charbon, celle qui est en même temps la plus froide, produit une grande quantité de carbone d'hydrogène; le coke produit des escarbilles qui ne sont pas volatilisées ou s'approchent de la grille en descendant; la partie la plus voisine de la grille brûle, grâce à l'air atmosphérique qui entre et se transforme en acide carbonique, en même temps que la chaleur développée enflamme la masse qui se trouve au-dessus ; l'acide carbonique, passant lentement à travers le carbone en ignition, se transforme en oxyde de carbone et se mélange dans la partie supérieure de la chambre, appelée *Producteur de gaz*, avec les carbures d'hydrogène précédemment formés.

L'eau que l'on introduit à dessein au fond de l'appareil, au moyen du récipient distributeur *c*, est d'abord vaporisée par la chaleur qui y règne, puis décomposée par le combustible en ignition, et donne de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone ; il ne reste que les cendres que produit le charbon, et que l'on peut enlever sous la forme de scories, à la partie inférieure de la grille.

C'est ce mélange de gaz qui constitue le combustible gazeux. L'azote que l'air introduit se trouve mêlé avec eux et entre à peu près pour un tiers dans le volume total.

Les gaz se rendent par le conduit D dans le carneau D' destiné à réunir deux ou trois générateurs (fig. 2), et au besoin, un plus grand nombre ; de là ils s'élèvent dans le conduit vertical en briques E, à une hauteur de 3 à 4 mètres, puis, par un tuyau horizontal en tôle E', se

rendent, en descendant par le tuyau F, dans le régénérateur de chaleur qu'ils traversent avant d'arriver au four.

Cette disposition a pour but de refroidir les gaz; la pesanteur spécifique de la colonne de gaz qui descend par le tuyau F étant supérieure à celle de la colonne dans le tuyau E, cause un tirage assez fort pour produire une pression dans les passages conduisant au four, laquelle empêche l'air atmosphérique d'y entrer par les fissures et de causer, par suite, une combustion incomplète des gaz dans ces passages.

L'ouverture *d*, ménagée à la voûte de la chambre de combustion pour l'échappement des gaz, par le conduit D, peut être fermée par un registre *d'* (fig. 1), et le générateur être nettoyé et réparé sans qu'il soit nécessaire d'arrêter la marche des appareils accolés, qui sont en communication avec le même carneau D'. Des ouvertures *e*, que l'on peut fermer à volonté par un bouchon, sont disposées au-dessus de la grille inclinée pour bourrer et piquer le charbon dans la chambre A.

RÉGÉNÉRATEUR DE CHALEUR ET FOUR A VERRE.

Le régénérateur de chaleur est une chambre remplie de briques réfractaires séparées les unes des autres, de manière à permettre le libre passage de l'air ou du gaz entre elles. Il y a quatre régénérateurs R', R^2, R^3, R^4, sous le four à verre représenté fig. 3, 4 et 5.

La chambre de chaque régénérateur est en briques réfractaires et sa partie inférieure présente une suite d'arches *r*, sur lesquelles sont disposées d'autres briques réfractaires *r'*, de manière à laisser entre elles les vides nécessaires au passage des courants d'air ou de gaz, qui se trouvent brisés en passant par les interstices minces et irréguliers ménagés entre les briques, lesquelles, si elles ont été chauffées auparavant, transmettent leur chaleur à ces courants; ou si les produits chauds de la combustion y passent, les briques, s'étant refroidies, retiennent par absorption la chaleur de ces produits.

Ce double résultat est atteint pour chaque chambre au moyen d'une distribution spéciale qui établit entre elles alternativement, et dans un ordre méthodique, des communications et des renversements de courants. A cet effet, deux ouvertures G et G' sont pratiquées au milieu du four H, dans l'épaisseur même de la sole *h*. Chaque ouverture communique avec deux régénérateurs; celle G avec les chambres R' et R^2, et celle G' avec les chambres R^3 et R^4; aucune communication ne devant exister entre le groupe des chambres R' et R^2 et celles R^3 et R^4.

Les arches *r*, qui supportent les briques réticulées, laissent au-dessous d'elles des conduits I', I^2, I^3, I^4, complétement indépendants l'un de l'autre, de façon à ne correspondre chacun, par l'une de leurs extrémités, qu'avec leur régénérateur respectif, et par l'autre (voyez le plan fig. 5) avec les boîtes des clapets de renversement *i* et *i'*.

Au moyen du clapet *i*, les régénérateurs R′ et R^4 peuvent communiquer alternativement, ou avec le conduit F d'arrivée du gaz, ou avec le canal d'échappement J (fig. 4) allant à la cheminée; au moyen du clapet *i′*, ce sont les régénérateurs qui peuvent être mis en communication soit avec le même canal d'échappement J, soit avec le conduit J′, par lequel l'air atmosphérique peut pénétrer dans l'appareil.

Pour régler l'arrivée du gaz, le conduit F est muni d'une valve à papillon *f*; celui d'entrée de l'air J′ est garni, dans le même but, du clapet à siége *j*, et le canal d'échappement J possède également une valve pour modifier à volonté, suivant les besoins du service, l'appel de la cheminée. Le clapet *i′* étant placé dans la position indiquée sur les fig. 4 et 5, et le clapet *j* ouvert, l'air atmosphérique pénètre par le conduit I^3 dans le régénérateur R^3, tandis qu'en même temps le régénérateur R^2 communique avec la cheminée par le conduit I^2 et le canal J.

Le clapet *i*, ouvert également comme celui *i′*, met en communication le régénérateur R^4 et le générateur à gaz par les conduits I^4 et F, comme aussi le régénérateur R′ et la cheminée par les conduits I′ et J.

Les positions des deux clapets ainsi arrêtées, si on admet que les deux régénérateurs R^3 et R^4 ont été préalablement soumis à un chauffage assez prolongé, voici ce qui se produit :

Les gaz combustibles arrivant du générateur dans la chambre R^4 par le conduit I^4, et s'élevant à travers les briques *r′*, qui leur communiquent une haute température, rencontrent, à leur sortie par l'orifice G′, l'air atmosphérique fortement chauffé par son passage entre les briques que contient le régénérateur R^3. Par ce mélange, l'inflammation se produit et une chaleur intense résulte de cette combustion qui, s'opérant à l'intérieur du four H, donne une température assez élevée pour fondre le verre contenu dans les creusets K.

Ces gaz, descendant ensuite par l'ouverture G, en prenant les directions indiquées par les flèches, passent à travers les briques des régénérateurs R′ et R^2, qui absorbent la plus grande partie de leur calorique, et sortent par les conduits I′ et I^2, les dirigeant au moyen des clapets de renversement *i* et *i′*, dans le canal J communiquant avec la cheminée d'appel.

Le passage du gaz et de l'air froid, en traversant les régénérateurs R^3 et R^4, les a relativement refroidis tandis que, au contraire, ceux R′ et R^2 se sont trouvés fortement chauffés par le passage des produits de la combustion qui se sont échappés du four ; c'est alors que l'on renverse la position des clapets *i* et *i′* à l'aide des leviers i^2, de façon à faire parcourir aux gaz et à l'air un chemin inverse, c'est-à-dire à les faire passer du générateur dans les chambres R′ et R^2, pour qu'ils se mêlent et s'enflamment en sortant de l'orifice G, à l'intérieur du four, tandis que les produits de cette nouvelle combustion, descendant par les régénérateurs R^3 et R^4, les chauffent à leur tour et réciproquement.

Les produits de la combustion qui quittent le four à une haute tem-

pérature pour se rendre à la cheminée, traversent toujours de haut en bas les régénérateurs, de telle sorte que c'est la partie supérieure qui se trouve la plus chauffée ; ces régénérateurs ont une action si considérable, que les gaz qui pénètrent dans la cheminée pour être répandus dans l'atmosphère sont souvent à moins de 170 degrés centigrades.

Au contraire, le gaz et l'air qui entrent dans les régénérateurs les parcourent toujours en s'élevant, de telle sorte qu'ils atteignent une température correspondante à la chaleur blanche avant de se rencontrer dans le four, et là, ils y ajoutent encore celle due à leur action chimique.

Lorsque le four est en pleine marche, la température que peut développer l'action chimique de la combustion est à peu près de 2,200 degrés centigrades, tandis que celle provenant des régénérateurs peut s'élever à 1.700 degrés ; l'intensité de cette chaleur serait telle, si on ne la modérait à dessein, que le four et tout ce qu'on y exposerait se fondraient. C'est pourquoi les régénérateurs sont alternativement chauffés et refroidis par le gaz et l'air qui sortent du four ou y rentrent, et l'expérience indique que l'on doit renverser le sens des courants toutes les demi-heures.

Deux causes contribuent à mettre le gaz en mouvement : c'est d'abord le léger excès de pression dans les courants dont nous avons parlé, et qui empêche l'air d'entrer et de se mêler aux gaz combustibles avant qu'ils ne soient enflammés; ensuite, dans la descente à travers les régénérateurs des produits de la combustion, leur vitesse étant réglée par le tirage de la cheminée.

La conduite de ces fours est d'une grande facilité. Si dans une verrerie, tandis que le verre est en cours de fabrication, on a besoin d'une chaleur intense, on fait arriver une grande quantité de gaz et d'air; lorsque le verre est obtenu et qu'il faut abaisser la température pour le travailler, on diminue facultativement les quantités relatives de gaz et d'air.

Nous avons vu le système de MM. Siemens appliqué à la cristallerie de MM. Maës et Clémandot, à Clichy-la-Garenne ; de l'avis même du Directeur, qui dans notre visite a mis une obligeance parfaite à nous expliquer tout le travail, voici les avantages que présente l'appareil :

1° Une économie de combustible s'élevant de 30 à 40 pour 100 ;

2° Une grande pureté de flamme qui diminue beaucoup l'oxydation ou le déchet des matières, et qui donne un produit de meilleure qualité;

3° La possibilité de régler à son gré l'intensité de la flamme, ainsi que sa composition chimique;

4° Un moindre espace occupé dans les ateliers et une grande propreté dans le travail, le combustible étant converti en gaz en dehors de l'atelier;

5° L'absence complète de fumée à la sortie de la cheminée.

DESCRIPTION DES FOURS A PUDDLER ET A RÉCHAUFFER

REPRÉSENTÉS PAR LES FIG. 6 A 9.

Les dispositions principales qui constituent le système des régénérateurs ne diffèrent pas en principe du four à fondre le verre qui vient d'être décrit, si ce n'est pourtant que les ouvertures où le gaz et l'air se mêlent et s'enflamment varient selon la forme du four, les besoins de la fabrication ou de la manipulation et, quelquefois même, suivant les dispositions locales. Ainsi dans les fours à puddler et à réchauffer représentés par les fig. 6 à 9, le gaz et l'air ne se mêlent pour s'enflammer qu'après être arrivés à une certaine hauteur au-dessus du niveau de la sole du four, et la flamme est rabattue sur le fer par la voûte.

Dans les fours à distiller les minerais de zinc, par exemple, comme aussi dans les fours de distillation du gaz d'éclairage, le gaz et l'air se mélangent pour s'enflammer dans un couloir disposé au-dessus des régénérateurs, et la flamme arrive aux cornues par des ouvertures ménagées dans la voûte du four sur laquelle ces cornues reposent.

La fig. 6 représente un four à puddler en section verticale, faite dans le sens de la longueur, suivant la ligne 9-10 du plan, fig. 8.

La fig. 7 est une section transversale faite vers le milieu du four et des deux régénérateurs placés en dessous, suivant la ligne 11-12.

La fig. 8 est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 13-14.

La fig. 9 représente un four à réchauffer, partie en section, et partie vue en élévation extérieure.

A l'inspection de ces figures, on reconnaît que les régénérateurs proprement dits, R', R^2, R^3 et R^4, sont d'une disposition identique à ceux du four à verre; ils sont comme eux en communication par les conduits souterrains I', I^2, I^3 et I^4, avec les clapets de renversement i et i' qui donnent alternativement accès aux gaz combustibles venant du générateur, et à l'air atmosphérique, et établissent ensuite la communication avec la cheminée d'appel. Dans ce four, les ouvertures G et G' débouchent dans la chambre de travail H, près de la voussure h et au-dessus du creuset à puddler h' (fig. 6), ou de la sole h^2 du four à réchauffer (fig. 9) (1).

Comme dans le four à verre, les gaz combustibles montent à travers une des chambres, tandis que l'air s'élève dans la chambre voisine, et les deux gaz sont conduits séparément jusqu'à l'issue G', pour s'y mélanger et brûler en produisant une haute température due à leur action chimique. Traversant alors tout le four, le mélange des gaz trouve à l'autre extrémité l'issue G^4, semblable à la première; il s'y précipite, et,

(1) Nous croyons inutile d'entrer dans plus de détails sur la disposition de ces deux fours, en ayant donné des dessins et des descriptions complètes dans les vol. XI et XII.

traversant de haut en bas les deux régénérateurs, il les porte à une haute température et se rend ainsi refroidi par les conduits J à la cheminée.

Un premier four à souder le fer, établi en France aux forges de Sougland, a été l'objet d'assez nombreux tâtonnements avant sa mise en marche régulière. Quoi qu'il en soit, dit M. Marin, dans un mémoire lu récemment à la *Société des Ingénieurs civils* : « Le four de Sougland, réglé avec une levée de 8 à 10 centimètres au champignon à gaz, (ce qui répond à une section d'environ $0^{m.q.}135$), une levée de 3 à 4 centimètres seulement au champignon à air, et deux changements de valves par charge, a moyennement consommé 2,000 kilogr. de houille par 24 heures; on y passait treize à quatorze charges de treize paquets fournissant en tout 5,600 kilogr. de bidons rognés pour tôle fine; ce qui répond à une consommation moyenne de 360 kilogr. pour 1000 dans les anciens fours. Le fer était d'une qualité au moins égale, et quant au déchet, il est arrivé, en dépit de diverses irrégularités, à être inférieur moyennement d'environ 1 1/2 pour 100 à celui des fours ordinaires montant à 12, 5 pour 100.

« Les inconvénients à opposer à cette économie d'environ 40 pour 100 sur le combustible et 1 1/2 pour 100 sur le fer, sont : d'abord, une certaine délicatesse dans la pratique du procédé; les dépenses d'établissement à peu près doublées; et enfin, l'impossibilité d'établir, à la suite des fours, les chaudières à vapeur qui en sont l'annexe ordinaire, et fournissent sans dépense aux besoins des usines. Cette question des chaudières, qui n'est peut-être pas très-importante, à ne considérer que les frais de chauffage spécial pour elles, est au contraire capitale quant aux frais considérables de construction que leur déplacement exige, et à la possibilité surtout de le faire. Dans une usine existante, cette transformation sera presque toujours difficile, peu fructueuse, et souvent impraticable; tandis que, s'il s'agit d'un établissement à créer ou à agrandir, les difficultés locales n'étant plus les mêmes, l'application du procédé reprend ses avantages, auxquels on doit joindre une certaine simplification de main-d'œuvre et de service.

« C'est à la même conclusion que l'on arrive pour les fours à puddler Siemens, dont le premier essai a également été fait à Sougland. Malgré le manque de gaz qui est venu entraver le travail, on est parvenu en moyenne à puddler avec 700 kilogr. de houille pour 1000 des fontes qui, sur les fours ordinaires, en exigent 900 pour 1000. L'absence de fours à chauffer les fontes avant l'enfournement doit toujours diminuer d'environ 10 pour 100 la production, mais pas davantage; et sauf cet inconvénient, le travail du puddlage par ce procédé est aussi parfait que possible, en donnant le maximum de chaleur au début de l'opération, puis rendant la flamme oxydante pour le bouillonnement, et réductrice pour l'achèvement de la charge. On réalise ces conditions tout à fait favorables; et elles ont permis d'ajouter à l'économie de 30 pour 100 une réduction

de 2 pour 100 de déchet; le fer produit est de qualité au moins égale ou supérieure.

« Quant aux circonstances qui doivent plus ou moins, au point de vue administratif, contrebalancer ces avantages, ce sont les mêmes que pour les fours à souder : l'impossibilité, avant toute autre, ou la difficulté de déplacer économiquement les chaudières ; et M. Marin conclut de même, en jugeant bornée l'adoption du système dans les usines existantes, dont la transformation serait plus ou moins difficile, en la recommandant au contraire pour des usines à créer ou à grandir. »

FOUR A GAZ ET A COKE REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 10 A 13.

En faisant subir quelques modifications au générateur du four à gaz et à chaleur régénérée, représentés fig. 1 et 2, on peut arrêter la combustion avant qu'elle n'arrive à l'incinération, et qu'elle produise ainsi du coke qu'une disposition spéciale permet de recueillir. Comme le coke est un combustible très-cher dans certaines localités, et dans tous les cas toujours plus cher que les qualités de houille dont on fait usage dans les générateurs à gaz, cet appareil devient plus économique encore, puisque, à l'économie de 60 à 75 pour 100 que l'on peut obtenir, d'après les auteurs, en employant les régénérateurs, il ajoute la possibilité de transformer, en un combustible solide d'excellente nature, un combustible de mauvaise qualité, tout en lui faisant produire un combustible gazeux dont l'emploi présente de grands avantages.

La fig. 10 représente un générateur à gaz et à coke, en section verticale, faite par la chambre de combustion et de son régénérateur.

La fig. 11 est une section verticale, perpendiculaire à la précédente.

La fig. 12 est une coupe verticale des deux régénérateurs, suivant la ligne 15-16.

La fig. 13, une section par les conduits et valve de renversement, suivant la ligne 17-18.

Le générateur à gaz et à coke est toujours une chambre en briques A, mais il n'y a plus de grille et tandis que deux de ces murs parallèles sont prolongés jusqu'au sol de la chambre, les deux autres B et B′ sont arrêtés à une certaine distance, soutenus par de fortes équerres en fonte *b*, scellées dans les murs de côté (fig. 11).

Le plancher de cette chambre présente la forme d'une double cuvette *u′ u′*, que l'on maintient constamment remplie d'eau de manière à former une fermeture hydraulique qui s'oppose à la sortie des gaz produits dans l'appareil. Le combustible est toujours versé à la partie supérieure par les deux orifices *a*, et comme d'une part l'alimentation est presque continue, et que d'autre part la partie inférieure de la masse de combustible est plongée dans l'eau, la combustion s'opère dans la couche moyenne, à peu près à 1^{m}50 du fond.

L'air destiné à soutenir la combustion ne pouvant plus arriver par dessus, le combustible doit nécessairement être introduit à la partie supérieure de la chambre; mais si cet air n'avait pas une certaine pression, il ne pourrait pas traverser la couche de combustible neuf pour arriver à la couche en ignition. De plus, l'air n'étant pas chauffé par son passage à travers une grille comme dans les foyers ordinaires, il faut l'échauffer préalablement, afin qu'il puisse opérer les réactions chimiques d'où naît le mélange gazeux combustible.

Si le gaz doit être employé dans un haut fourneau propre à la réduction des minerais, par exemple, on pourra se servir de la soufflerie pour injecter l'air dans le générateur; mais si l'on n'a pas de soufflerie à sa disposition, il suffira d'amener au moyen d'un siphon *s* (fig. 13) un jet de vapeur dans le conduit d'entrée d'air J, sans crainte que l'eau introduite nuise à la marche de l'appareil.

Avant d'arriver au générateur, cet air traverse un régénérateur disposé sur le côté du producteur, et composé de deux chambres R′ et R², munies de briques réfractaires *r′*, comme celles des fours décrits plus haut. Un clapet de renversement *i* est placé entre les deux conduits I′ et I² (fig. 12 et 13) et permet de faire monter l'air froid à l'intérieur de l'une des chambres, tandis que les gaz chauds descendent par l'autre.

L'air injecté dans l'une de ces chambres la traverse de bas en haut en s'emparant de la chaleur que possèdent les briques; arrivé à la partie supérieure, cet air chaud traverse une galerie horizontale *g*, dans laquelle il s'engage, puis descend dans le générateur à gaz. Là se passent les mêmes réactions que dans le générateur ordinaire; mais à mesure que la houille, en brûlant, se transforme en coke, celui-ci s'approche de l'eau qui remplit la cuvette, se refroidit, puis s'éteint. On les retire par-dessous les équerres en fonte *b* qui soutiennent le mur de face.

Le combustible gazeux, toujours formé d'oxyde de carbone, d'hydrogènes carbonés, d'azote et d'hydrogène, trouve à la partie supérieure de la chambre R′ le carneau *g′*, par lequel il se rend par la galerie *g* dans la deuxième chambre R², qu'il traverse de haut en bas en cédant aux briques la chaleur qu'il possède ; il sort pour être dirigé par la valve de renversement *i* dans la galerie horizontale I′, qui le conduit aux régénérateurs placés sous les fours, lesquels doivent être alimentés par les gaz produits. Comme le chargement est très-fréquent, on rend la descente très-régulière en retirant presque constamment le coke de la cuvette.

Il est à remarquer que cet appareil peut très-bien fonctionner comme producteur de gaz seulement, il suffit pour cela de cesser de retirer le coke. Mais dans ce cas il est bon de laisser le niveau de l'eau s'abaisser au-dessous des équerres en fonte *b*, de manière à ce que l'air atmosphérique puisse s'introduire un peu par la masse des combustibles; ou bien, pour atteindre le même but, on peut ménager plusieurs ouvertures auxdites équerres en fonte *b*.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Un grand nombre de fours à gaz et à chaleur régénérés ont déjà été construits tant en Angleterre que sur le continent, et les résultats généralement obtenus ont pleinement réalisé les prévisions des inventeurs.

Ce système est utile et avantageux dans toutes les industries qui demandent une haute température, et une température qui puisse se maintenir régulière pendant longtemps, tout en pouvant varier suivant les besoins et la volonté de l'ouvrier.

Dans le cas, par exemple, où il est nécessaire que la température soit variée d'une extrémité à l'autre, les entrées de l'air et du gaz sont plus ou moins séparées l'une de l'autre. Le gaz est plus léger que l'air, et si l'on doit produire rapidement une grande élévation de température, comme dans un petit four à puddler, l'entrée du gaz est placée audessous de celle de l'air; si le contraire est utile, comme dans un four à souder de longs tubes de fer, on emploie la disposition inverse.

Quelquefois, comme dans un four d'émailleur, qui consiste en un long moufle, il faut que la chaleur soit plus grande à l'extrémité où se trouve la porte du moufle ou du fourneau, parce que, les matières étant introduites et retirées par la même extrémité, celles qui sont entrées les dernières, et qui sortent les premières, restent naturellement moins longtemps exposées à la chaleur; et bien que le gaz combustible et l'air entrent d'abord d'un côté, puis de l'autre, alternativement, on doit cependant empêcher cette différence forcée de température en ménageant les ouvertures à cette extrémité.

Les quantités de gaz et d'air que l'on introduit dans le four ne sont pas uniquement réglées par les valves qui se trouvent dans les passages; mais on peut diminuer ou arrêter la production du gaz en empêchant l'arrivée de l'air à la grille du producteur de gaz; ceci est d'autant plus important qu'il n'y a pas de gazomètre pour recevoir et conserver le combustible gazeux, car il se rend au four à mesure qu'il se forme.

Dans quelques fours, tels que les fours à puddler et à fondre les métaux, les matières sont directement soumises à l'action du gaz et de la flamme. A cause de la grande propreté du combustible, quelques fours à verre, qui avaient leurs pots ouverts, peuvent les avoir maintenant découverts.

L'économie du combustible est, suivant les auteurs, appréciable même lorsqu'on emploie le même charbon, soit directement dans le four, soit dans le producteur à gaz; mais ce qui est surtout digne d'attention, c'est que dans ce dernier on peut employer, comme nous l'avons dit, les combustibles inférieurs, la menue houille, par exemple, en les convertissant en un combustible gazeux très-propre à tous les usages. On voit donc que sous ce rapport ce système présente de grands et nombreux avantages.

PRÉPARATION AU TISSAGE

MACHINE A ENCOLLER LES FILS DE CHAINE

(SYSTÈME FASSIN JEUNE)

Construite par M. **BRUNEAUX** fils aîné

MÉCANICIEN ET FILATEUR A RETHEL

(PLANCHE 26)

Les fils de chaîne sortant de l'ourdissoir (voyez pl. 21), où ils ont été disposés bien parallèlement entre eux, ont encore besoin d'avoir une certaine consistance pour résister aux chocs assez brusques qu'ils reçoivent aux métiers à tisser; ils doivent en outre glisser facilement dans les ailes des *lisses* ou *lames*, et dans les dents du peigne ou *rot*.

Pour arriver à donner aux fils de chaîne la solidité nécessaire, on les enduit de colle si c'est de la laine, ou de *parement* si c'est du coton, principalement ceux dont les surfaces ne sont pas assez unies et qui n'offrent pas le degré de résistance nécessaire.

Cette préparation, qui précède immédiatement le tissage, prend le nom d'*encollage* ou *parage*, opération que l'on fait subir à toutes les matières textiles, excepté la soie. L'encollage ou le parage des fils de chaîne s'effectue à la main ou à la machine, suivant que l'ourdissage est fait à la main ou mécaniquement; la machine employée prend le nom d'encolleuse ou pareuse (1).

(1) Dans le vol. x du *Génie industriel*, nous avons donné le dessin et la description d'une machine à encoller et à parer de MM. Pradine et Ce, de Reims, et plus récemment, dans le vol. xix du même recueil, la machine de M. Risler, de Cernay.

Quant à la méthode ordinaire d'encoller à la main les chaînes en fil de laine, elle consiste, d'après M. Falcot, à tremper la chaîne par partie contiguë dans de la colle animale chauffée (cette colle se fait ordinairement avec des rognures de peaux, qu'on fait cuire jusqu'à l'état gluant), en ayant soin de la presser également sur toute sa longueur, afin de n'y laisser que la quantité de colle nécessaire ; pour que l'humidité de la colle pénètre entièrement dans l'intérieur du fil, on laisse séjourner la chaîne, pendant quelques heures, à l'abri de la chaleur et du soleil; on la fait ensuite sécher,

Nous avons représenté sur la pl. 26 une machine encolleuse spécialement employée pour l'encollage des chaînes laine.

La fig. 1 est une élévation au 20e de l'ensemble de la machine.

La fig. 2 en est le plan, vu en dessus.

Ces deux figures sont dessinées au 1/20e de l'exécution ; mais sur le plan on a diminué un peu la distance qui existe entre les bâtis, et aussi la longueur des rouleaux et des axes, afin de pouvoir placer cette figure dans l'intérieur du cadre ; les cotes indiquent du reste les véritables dimensions.

La fig. 3 montre en détail, à une échelle double, la coupe de la bassine à colle avec les rouleaux encolleurs et le premier ventilateur.

La figure 4 est un détail des deux extrémités de l'axe du cylindre encolleur, montrant d'un côté comment il reçoit la commande du moteur, et de l'autre la disposition adoptée pour le compteur.

Les fig. 5 et 6 font voir, en vue de face et vue de côté, le système de commande par friction employé pour l'enroulement du fil sur l'ensouple.

A l'examen de la figure 1re, on se rend compte aisément que l'ensemble de la machine encolleuse se compose de trois parties bien distinctes, savoir :

1° Le support des roseaux d'ourdissoir ;

2° L'encolleuse proprement dite ;

3° La commande de la machine, et l'enroulement par friction des fils encollés sur l'ensouple.

Support des roseaux d'ourdissoir. — Ce support se compose de deux bâtis inclinés, nervés et à jour A, dont l'écartement est maintenu par des entretoises en fonte. Sur les côtés de ces bâtis sont ajustés des supports en forme de fourche a, dans lesquels reposent les tourillons des grosses bobines ou roseaux d'ourdissoir R.

La partie inférieure de chacun de ces supports est terminée en forme de chape, pour recevoir, à articulation, un levier muni de son contrepoids ; entre le point fixe du levier et le poids est attachée une corde qui, s'enroulant sur le roseau, empêche celui-ci de se dérouler trop facilement sous la traction exercée sur les fils par l'ensouple de l'extrémité.

L'ensemble de ces rouleaux forme une sorte d'échelle qui permet aux fils sortant de chacun d'eux de se dérouler facilement sans être gênés par ceux des roseaux voisins.

Encolleuse proprement dite. — Le bâti de cette machine est composé de deux flasques verticales en fonte A', maintenues à l'écartement par des entretoises en fonte A²; ce bâti est destiné à supporter les cylindres en-

en l'étendant longitudinalement et dans toute sa longueur, au moyen de quatre pieux, dont deux sont placés à l'extrémité de la chaîne, et d'un nombre de piquets et de traverses suffisants pour supporter la chaîne à distances convenables.

colleurs, la bassine à colle, les peignes qui divisent les fils et les ventilateurs sécheurs.

La bassine à colle se compose d'un vase en cuivre rouge B qui règne dans toute la largeur de la machine, de façon à ce que les cylindres encolleurs et les fils puissent y plonger sur toute leur longueur. Cette bassine est munie d'une enveloppe extérieure *b* (fig. 3), laissant entre les deux parois un certain espace libre, dans lequel on introduit de la vapeur afin de chauffer la colle contenue dans la bassine.

Dans l'intérieur de celle-ci, et dans le bain de colle même, plonge à demi le cylindre en cuivre mince C, monté sur deux plateaux reliés par un axe, qui est retenu par ses tourillons dans les coussinets des supports *b'*; contre ce support appuie l'extrémité recourbée de deux leviers en fer *c*, lesquels ont un point d'appui sur des tourillons fixés extérieurement de chaque côté du bâti A'.

Les leviers *c* sont munis à leur extrémité d'un contre-poids *c'*, dont le but est de repousser constamment le cylindre C pour le faire appuyer sur un autre cylindre C', garni de drap feutré, monté parallèlement au premier, et qui, comme lui, plonge à moitié dans le bain de colle.

Le cylindre C' est supporté par des paliers *a'* fixés sur le bâti A', et sa construction est exactement la même que celle du cylindre C. Les fils de chaîne, en passant dans le bain de colle, sont pressés entre les deux cylindres C et C', avec une énergie facultative déterminée par la puissance des contre-poids *c'*, que l'on augmente et que l'on diminue à volonté en les éloignant ou les rapprochant du centre d'articulation des leviers; cette pression, qui a lieu dans de la colle même, est destinée à la faire pénétrer plus sûrement à l'intérieur des fils.

Un troisième cylindre C^2, garni également de drap feutré et placé sur le même plan horizontal que celui C', est supporté par des coussinets ajustés à l'une des extrémités des leviers recourbés D, lesquels ont leur centre d'oscillation *d* sur un support fixé au bâti, et leur extrémité opposée garnie d'un contre-poids *d'*, destiné à soulever le cylindre C^2, afin de le maintenir constamment en contact avec celui supérieur C'.

Le même système de levier est répété de l'autre côté du bâti, pour que la pression s'exerce bien parallèlement suivant l'axe longitudinal du cylindre. Le but de ce troisième cylindre C^2 est de presser les fils encollés, afin d'en exprimer l'excès de colle, qui ne ferait que nuire à la bonne qualité de l'encollage.

L'effort de cette pression est réglé en plus ou en moins, selon la qualité des fils et le genre de laine, en rapprochant ou en éloignant facultativement le contre-poids *d'* du centre de mouvement *d*, de chaque levier.

Sur le bâti A' se trouve encore fixé, au moyen d'un petit support en fonte d^2, le peigne E, dans les dents duquel sont engagés les fils avant de se rendre dans la bassine à colle. Ce support d^2 reçoit également un

cylindre en bois F, qui guide les fils avant leur entrée dans la colle.

Un second support d^3, placé à l'autre extrémité du bâti, reçoit la planchette en cuivre *e*, percée d'un très-grand nombre de trous dans chacun desquels passe un des fils encollés. De cette façon, tous les fils sont bien séparés les uns des autres, et subissent plus efficacement l'action des ventilateurs G, G′, G^2, qui tournent dans les paliers *g* et *g′*. Deux de ces paliers sont fixés aux traverses inférieures du bâti, et l'autre fait partie d'un support isolé.

Ces trois ventilateurs se commandent mutuellement; le troisième G^2 reçoit sa commande d'une poulie H (fig. 2) clavetée sur l'arbre moteur I de la machine, au moyen d'une courroie qui entoure la poulie *h* fixée sur son axe. Il transmet le mouvement au ventilateur G′ par une courroie passée sur les poulies H′ *h′*, qui sont fixées sur leur axe respectif; le ventilateur G′, à son tour, commande celui G au moyen de la poulie H^2 fixée sur son axe, et celle h^2 calée sur l'axe du ventilateur G.

Disposition du mécanisme de la commande. — La troisième partie de la machine comprend le mécanisme de la commande des différentes pièces mobiles de la machine. Il se compose des deux bâtis A^3 reliés par les entretoises en fonte a^3. Des paliers J y sont boulonnés pour supporter l'arbre moteur I, qui règne dans toute la largeur de la machine. Cet arbre porte en dehors du bâti les deux poulies en fonte K et K′.

L'une fixe K reçoit la commande directe du moteur, et donne le mouvement à l'arbre I, qui le transmet, au moyen de trois paires de roue d'angle, à un arbre incliné L, lequel commande, comme nous l'expliquerons plus loin, le cylindre C, qui entraîne par contact les deux autres cylindres C′ et C^2.

Chauffage de la colle dans la bassine. — La colle employée pour encoller les fils de chaîne de laine est généralement de la gélatine ou colle forte épurée; cette colle est employée de préférence pour la laine, parce qu'elle laisse au fil un certain degré d'humidité qui lui est très-avantageux pour le tissage. Avant d'introduire la colle dans la bassine, il est important qu'elle soit bien fondue, qu'il ne reste pas de morceaux, enfin qu'elle fasse une masse semi-liquide bien homogène; c'est pourquoi il est nécessaire de faire cette opération dans un vase séparé, afin d'opérer sûrement et avec facilité.

L'appareil employé à cet effet se compose ordinairement d'une chaudière en cuivre, enveloppée d'une autre chaudière de capacité plus grande, laissant un espace libre suffisamment large, destiné à recevoir un jet de vapeur. Les joints entre la chaudière et son enveloppe sont faits avec beaucoup de soin, pour éviter toute perte de vapeur.

L'on introduit dans la chaudière la quantité de colle que l'on désire faire fondre, et l'on y ajoute une certaine quantité d'eau pour aider à sa dissolution et avoir un encollage qui ne soit pas trop épais. Puis on fait arriver dans le double fond un courant de vapeur au moyen d'un tuyau

qui y est adapté. La vapeur se condense et forme une certaine quantité d'eau suffisamment chaude pour faire fondre la colle. Un tuyau de trop plein empêche le niveau de l'eau, provenant de la condensation de la vapeur, de s'élever d'une trop grande quantité, ce qui pourrait compromettre la sûreté de la chaudière.

Un robinet de vidange, placé au bas de l'appareil, sert à soutirer la colle au fur et à mesure des besoins.

Une disposition analogue est établie, comme on l'a vu, pour la bassine B, qui se trouve sur la machine même, et dans laquelle les fils doivent tous passer pour s'enduire de colle.

Un tuyau f (fig. 3) amène la vapeur provenant d'une chaudière quelconque pour se rendre dans le double fond de la bassine, après avoir traversé une boîte de sûreté réglementaire M, munie d'une soupape l et d'un reniflard l'. Un tuyau de trop plein, qui n'est pas indiqué dans le dessin, mais que l'on peut bien se figurer, règle la hauteur du niveau de l'eau de condensation, qui forme bain-marie pour maintenir la colle au degré de chaleur suffisante.

Commande principale. — Sur l'arbre moteur I, du côté opposé à la poulie motrice, est fixé le pignon d'angle m qui commande le pignon m', de même diamètre, monté sur l'arbre incliné L', lequel, par les deux paires de roues d'angle L^2 et L^3, transmet le mouvement à l'arbre principal L. Celui-ci, également incliné, est supporté à son extrémité la plus élevée par le palier N (fig. 3), fixé sur la traverse A^2. Près de ce palier, cet arbre est muni du pignon m^2 qui engrène avec le pignon de même diamètre m^3, dont l'axe porte un petit pignon droit, lequel donne le mouvement à la roue N', d'un diamètre beaucoup plus grand. L'axe de cette roue N' est à son tour muni d'un petit pignon qui donne le mouvement à la grande roue N^2, fixée sur l'axe du cylindre encolleur C'.

Commande de l'ensouple. — Sur le même axe principal I, qui reçoit la poulie motrice, est encore fixé le pignon droit o (fig. 2), engrenant avec la roue O, montée sur un bout d'axe intermédiaire fixé au bâti.

Sur le moyeu de ladite roue O est fixée la roue O' qui commande, par l'intermédiaire O^2, la roue O^3 calée sur l'arbre I'. Cet arbre, comme celui qui lui est parallèle, règne dans toute la largeur de la machine et transmet le mouvement à l'ensouple, au moyen des roues P et P' montées à l'extrémité opposée.

Comme il est important que les fils, qui se rendent de la bassine en passant sur le deuxième peigne E' sur l'ensouple S, soient constamment tendus avec la même énergie, il convient de leur appliquer un mouvement qui, tout en produisant une tension régulière, puisse fléchir lorsque la résistance des fils devient trop considérable ; car s'il en était autrement, une rupture complète de tous les fils serait à craindre, ce qui occasionnerait des pertes de temps et de marchandises toujours préjudiciables.

Cette tension régulière est obtenue au moyen d'une commande par

friction qui cède lorsque la tension sur les fils dépasse le degré voulu. A cet effet, à l'extrémité inférieure de la machine est boulonnée une grande traverse en fonte Q (vue en ponctuées, fig. 1), qui sert en même temps d'entretoise ; sur cette traverse est fixé le support q, dans lequel tourne l'axe q' (fig. 2, 5 et 6) muni à l'une de ses extrémités d'une sorte de manivelle r, et qui de l'autre porte la roue dentée P', laquelle peut tourner librement, maintenue qu'elle est par l'embase p formée d'une rondelle vissée sur l'axe. La face externe de la roue P' est creusée légèrement conique pour recevoir le plateau de forme correspondante P^2, calé sur l'arbre au moyen d'une clavette.

Ce plateau P^2 peut pénétrer plus ou moins dans la roue P' sous la pression d'un écrou p' (fig. 5) à double manette, qui se visse sur le bout extrême de l'arbre q', lequel est taraudé d'un pas à gauche afin que, pendant la rotation de l'axe q', l'écrou ne se dévisse pas.

La roue P' engrenant avec la roue P (fig. 2) qui reçoit, comme nous l'avons vu plus haut, son mouvement du moteur, entraîne le plateau P^2, et avec lui l'arbre q' lorsque le plateau est pressé par l'écrou p ; dans le cas contraire, la roue P' tourne seule et l'axe q' est immobile.

L'on conçoit qu'en réglant d'avance la pression du plateau dans l'intérieur de la roue P', on arrive à déterminer une résistance suffisante pour entraîner l'axe q' et par suite l'ensouple S, laquelle produit alors sur les fils de chaîne une tension uniforme qu'il est impossible de dépasser, car dans ce cas, la roue P' seule tournerait et l'ensouple resterait en place.

L'ensouple S est supporté d'un côté par le petit palier q^2 (fig. 5), et de l'autre par l'arbre q', au moyen d'un trou pratiqué dans cet arbre. Un collier en fer rapporté sur l'ensouple permet qu'il soit entraîné par la manivelle r, fixée, comme on le voit fig. 5, au bout de ce même axe q.

Les supports q' et q^2 peuvent se rapprocher l'un de l'autre sur la traverse Q, suivant la longueur de l'ensouple, et la roue P se déplace de même sur l'arbre I', afin de toujours engrener avec la roue P'.

Mécanisme du compteur. — Le compteur, dans ces sortes de machines, est employé avec utilité, en ce sens qu'il indique d'une manière assez juste, la longueur de fil enroulé sur l'ensouple.

Le mécanisme compteur fonctionne au moyen d'une vis sans fin s, fixée à l'extrémité de l'axe du cylindre encolleur C' (fig. 1, 2 et 4). Le diamètre de ce cylindre est calculé de manière que sa circonférence égale 0^m50 de développement, de sorte qu'à chaque tour du cylindre il y a 50 centimètres de fil développés.

Une petite roue s', qui tourne sur un goujon prisonnier dans le support t, engrène avec la vis sans fin s, de sorte qu'à chaque tour de celle-ci, la roue s' (fig. 1 et 4) avance d'une dent. Sur le moyeu de cette dernière roue s' est fixé le pignon s^2, qui engrène avec la roue T, d'un dia-

mètre quatre fois plus grand. Sur l'un des bras de cette roue T on a appliqué un goujon *u*, qui agit à chaque tour sur une sonnette à ressort U, laquelle prévient l'ouvrier que sa chaîne a atteint la longueur voulue.

Comme les longueurs de chaîne doivent varier suivant la longueur et le genre de tissus à produire, on a des pignons de rechange et l'on obtient ainsi à volonté différentes longueurs de chaîne.

Supposons, par exemple, que l'on ait à produire une chaîne de 80 mètres de longueur; pour connaître le nombre de dents de la roue *s*, afin que la sonnette avertisse l'ouvrier en temps opportun, il suffit que la roue T fasse un tour complet pendant que la longueur totale de la chaîne s'enroule sur l'ensouple ; par conséquent la roue *s'* doit faire *quatre* tours pendant le même temps. Mais le cylindre C', pour développer 80 mètres, devra faire 160 tours, puisque sa circonférence n'est que de 50 centimètres.

Comme à chaque tour du cylindre la roue *s'* n'avance que d'une dent, et qu'elle doit faire 4 tours pendant toute l'opération, le quotien de 160 par 4 donne le nombre de dents de ladite roue *s'*;

Soit : 40 dents.

Une opération analogue peut être faite à chaque longueur différente de chaîne, pour déterminer le nombre de dents que doit avoir la roue *s'*, afin de faire fonctionner l'avertisseur, lorsque la longueur voulue est développée.

La description qui précède doit donner une idée bien complète des dispositions générales et particulières de cette machine à encoller. Il ne nous reste plus qu'à constater son succès, confirmé par de nombreuses applications dans les principales manufactures de France et de l'étranger.

Nous citerons : à Reims, MM. Villeminot; Huart et Ce; Benoist-Malot et Walbaum. A Rethel, MM. Lessieux frères; Duboys et Pireaux; Vaucher. Aug. Seydoux, Sieber et Ce au Cateau. A Barcelonne (Espagne), Escubos; José Coma. Vinkler et John à Rochlitz (Saxe). Pastré frères, à Neuflize. Joh, Liebieg et Ce à Reichenberg (Bohême). Bernoville frères, Larsonnier frères et Chenest, à Guise. Collet-Dubois et Ce, à Amiens. Wulveryck, à Saint-Quentin.

Toutes ces maisons possèdent une ou deux machines simples ou doubles et en font usage pour encoller des chaînes pour mérinos.

Pour articles de Roubaix, M. le baron Seillière, à Pierrepont, emploie cinq machines simples.

Chez MM. Louis Screpel, à Roubaix : Tiberghien, à Tourcoing, des machines de ce système sont disposées pour parer les chaînes fil ou coton au moyen de brosses.

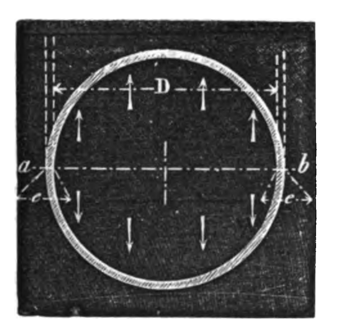
ÉPAISSEUR

A DONNER AUX CYLINDRES CREUX

Il nous est souvent adressé des questions techniques et industrielles auxquelles nous nous empressons toujours de répondre, autant qu'il est en notre pouvoir, heureux que nous sommes de nous mettre à la disposition de nos souscripteurs.

Comme parmi ces questions il en est qui, nous le croyons, n'intéressent pas seulement les personnes mêmes qui nous les adressent, mais encore des constructeurs, des manufacturiers, ou des chefs d'établissements auxquels elles peuvent parfois rappeler des sujets importants, nous avons pensé que leur solution pourrait trouver leur place dans ce *Recueil*. Ainsi, il vient de nous être demandé, à titre de renseignement, notre avis sur un mode simple et rationnel de déterminer la pression intérieure dans un tuyau ou cylindre creux d'un diamètre connu, et par suite l'épaisseur qu'il convient de lui donner.

Cette question toute pratique est évidemment très-simple et connue de tous les ingénieurs; il ne nous a pas été difficile de la résoudre, d'autant plus que déjà elle a été examinée et étudiée avec détail dans le *Vignole des mécaniciens* (1); cependant nous croyons devoir en reproduire la solution en la complétant par celle relative à la pression sur les fonds, lorsque le cylindre ou le tube est fermé.



Soit D le diamètre intérieur du cylindre creux, en centimètres, et L sa longueur totale.

Supposons que ce cylindre soit pressé intérieurement dans tous les sens par un fluide élastique quelconque, comme de l'eau ou de la vapeur, et qu'il soit exécuté avec une matière homogène d'égale épaisseur sur toute la paroi latérale.

Soit P la pression effective par centimètre carré.

e l'épaisseur uniforme en centimètres.

On reconnaît tout d'abord que la pression qui s'exerce à l'intérieur de la capacité cylindrique tend à produire deux effets différents :

(1) *Essai sur la construction des machines :* Types et proportions des organes qui les constituent, par Armengaud aîné (atlas in-folio de 40 planches et texte, grand in-4°).

1° Une action normale à la surface courbe concave, qui tend à déchirer le cylindre dans le sens de ses génératrices et à le séparer en deux parties suivant l'un de ses diamètres;

2° Une autre action qui, agissant sur les fonds, tend à rompre ce cylindre circulairement en le fractionnant en deux parties dans le sens de sa longueur.

Action tendant a la rupture suivant les génératrices. — Si le fluide élastique presse également tous les points du récipient, et si la résistance des parois est aussi parfaitement égale en tous ces mêmes points, on pourra choisir une section quelconque *ab* pour calculer l'effort qui s'y manifeste, puisque tout autre diamètre offrirait les mêmes conditions.

Or, si l'on compose la somme des efforts partiels qui s'exercent perpendiculairement à la surface courbe, et en chacun de ses points, on reconnaît facilement que l'effort total résultant est égal, sur chaque demi-circonférence, à celui qui s'exercerait sur une surface plane, rectangulaire, ayant pour largeur le diamètre D et pour longueur celle L du vase entier, et par conséquent de la surface courbe.

C'est donc cet effort, ainsi évalué, qui agit pour séparer le cylindre en deux parties suivant *ab*, en surmontant la résistance du métal en deux points de la circonférence; ce qui s'oppose à la séparation, en résistant à cet effort, c'est la section matérielle de la paroi, exprimée alors : par le double de son épaisseur *e* multiplié par la longueur L.

Résumant cette première donnée, nous disons que, de l'effort total intérieur il résulte un effort tangentiel qui détermine, pour chaque section de la paroi semblable à *ab*, un *effort de traction longitudinale* dans la même condition que si cette paroi était développée suivant un plan, et qu'elle fût soumise à ce genre d'action dont tous les éléments ont été exposés précédemment.

Puisqu'il ne s'agit plus que de comparer entre eux un effort et un section déterminés, rien de plus aisé que de calculer cet équilibre; de plus, nous allons montrer que l'égalité s'établit simplement par la comparaison des dimensions linéaires mêmes.

En effet, l'effort défini ci-dessus a pour expression l'effort spécifique P multiplié par le diamètre D et par la longueur L;

soit : PDL.

D'autre part, la résistance totale de la matière sera représentée par le produit de sa résistance R, par une unité de surface, par le double de son épaisseur *e* et par la même longueur L;

soit, $2eRL$

Puisqu'il doit y avoir équilibre entre l'effort et la résistance, ces deux produits sont égaux, ce qui donne :

$$PDL = 2eRL$$

Mais la longueur L, étant facteur commun, doit être éliminée, ce qui ramène l'équation d'équilibre à :

$$PD = 2eR$$

d'où l'on tire :

$$e = \frac{PD}{2R}$$

Cette expression fondamentale montre que : *L'épaisseur d'une paroi cylindrique est directement proportionnelle à la pression spécifique intérieure et au diamètre du récipient cylindrique, et indépendante de sa longueur.*

C'est ce qu'il est, du reste, facile de comprendre en remarquant que la pression intérieure agit exactement avec la même intensité sur chacune des sections transversales que l'on peut concevoir, et que chacune d'elles supporte, par conséquent, une part égale de l'effort total calculé en tenant compte de la longueur entière du cylindre.

L'application de cette formule est des plus simples, comme il est aisé de le montrer par un exemple.

EXEMPLE. Soit le corps en fonte de fer d'une presse hydraulique, à l'intérieur duquel il doit régner une pression de 400 atmosphères et dont le diamètre D est égal à 25 centimètres. Déterminer l'épaisseur de la paroi cylindrique, en admettant que la fonte, dont la résistance décroît pour de grandes épaisseurs, ne soit pas chargée de plus de 500 kilogrammes par centimètre carré.

On a donc, pour les données de ce problème :

Le diamètre.......................... D = 25 centimètres.
La pression par centimètre carré, environ. P = 400 kilogrammes (1).
La résistance du métal par centimètre carré. R = 500 kilogrammes.

D'où l'épaisseur cherchée devient

$$e = \frac{400 \times 25}{2 \times 500} = 10 \text{ centimètres.}$$

Cependant, pour des pièces moins chargées, et qui ne doivent pas comporter d'aussi grandes masses de fonte, on attribue au métal une résistance encore moins considérable, et il est même remarquable que plus les pièces sont de faibles proportions et plus les épaisseurs augmentent proportionnellement.

Dans le problème qui nous a été soumis, on suppose un tube en fonte de 1 mètre de diamètre, et recevant d'une chute d'eau la pression effective de 1 kilogramme par centimètre carré. Nous avons admis pour

(1) Pour un effort aussi considérable, on peut négliger la pression atmosphérique extérieure qui doit, dans un autre cas, être retranchée.

ce cas R = 250 kilogrammes seulement. On a donc, d'après ce qui précède :

$$e = \frac{1000 \times 1}{2 \times 250} = 2 \text{ centimètres.}$$

Comme la charge de rupture pour la fonte grise soumise à l'extension longitudinale est en moyenne de 1,300 kilog., on voit que le rapport entre le coefficient de sécurité et celui de rupture, serait environ 1 à 5.

On donne généralement à un cylindre à vapeur ayant 50 centimètres de diamètre, 20 millimètres d'épaisseur pour des pressions qui ne dépassent pas 5 atmosphères effectives.

Si nous voulons en déduire la valeur de R, il vient

$$e = \frac{P D}{2 R}; \text{ d'où } R = \frac{P D}{2e} = \frac{5^{at} \times 1^k,0333 \times 50^c}{2 \times 2^c} = 64^k,581.$$

Ceci démontre que pour déterminer l'épaisseur d'un cylindre de machine à vapeur, il existe d'autres motifs que la résistance pure et simple de la matière, puisque celle que nous venons de trouver est à peu près le vingtième de la résistance d'une bonne fonte à la rupture.

Action tendant a la rupture circulaire. — C'est l'effort qui prend son point d'appui sur le fond du cylindre qui tend à produire cet effet. Que les fonds soient plats ou courbes, la pression résultante totale, dirigée suivant l'axe du cylindre, sera la même et égale à celle qui s'exercerait sur la surface d'un cercle dont le diamètre est D.

Cet effort total est donc exprimé par :

$$\frac{\pi D^2 P}{4}$$

D'autre part, la résistance de la paroi cylindrique a pour mesure la section circulaire transversale de la paroi, multipliée par la résistance spécifique R; cette section ayant pour mesure le produit de l'épaisseur e par la circonférence du cercle passant par son milieu, on a, pour l'expression de la résistance transversale cherchée :

$$R \pi (D + e) e.$$

Or, si le diamètre intérieur D était très-grand comparativement à l'épaisseur e (comme cela a lieu pour les récipients en chaudronnerie), et qu'il y eût, par conséquent, fort peu de différence entre D et D + e, on pourrait les considérer comme égaux, ce qui ramènerait l'expression précédente à $R \pi D e$. Égalant, comme on l'a fait pour la résistance suivant les génératrices, cette deuxième résistance à l'effort total, il vient :

$$R \pi D e = \frac{\pi D^2 P}{4}; \text{ d'où : } e = \frac{P D}{4 R}$$

Si, maintenant, l'on compare cette valeur attribuée à e, en cherchant la résistance en section transversale, à celle trouvée ci-dessus pour la

section suivant les génératrices, on voit qu'elle est *moitié* de la première, ce qui revient à dire que :

Pour un même récipient cylindrique et le même effort total intérieur, la charge tendant à la rupture des parois EST MOITIÉ MOINDRE *sur la section circulaire que sur celle longitudinale, en supposant le rapport entre l'épaisseur et le diamètre intérieur* INFINIMENT GRAND.

Mais en tenant compte de ce rapport qui est évidemment *fini*, et qui a même parfois une très-faible valeur, cette condition ne fait que s'améliorer, c'est-à-dire que cette section circulaire est de moins en moins chargée. Pour le démontrer nous allons choisir deux rapports limites, pour lesquels e serait successivement la moitié et le centième de D, ce dernier cas étant à peu près celui des chaudières à vapeur. Si de l'équation générale d'équilibre, déduite des données précédentes :

$$R \pi (D + e) e = \frac{\pi D^2 P}{4}$$

on tire la valeur de R, il vient :

$$R = \frac{D^2 P}{4 (D + e) e}$$

Substituant successivement à e, dans cette expression et dans le facteur entre parenthèse, la valeur qui lui est attribuée dans les rapports précédents, c'est-à-dire, $e = 1/100$ D, et $e = 1/2$ D, on trouve, pour le premier rapport :

$$R = \frac{D^2 P}{4 \left(D + \frac{D}{100}\right) e} = \frac{D P}{4{,}04 e}$$

Pour le deuxième, on trouve :

$$R = \frac{D^2 P}{4 \left(D + \frac{D}{2}\right) e} = \frac{D P}{6 e}$$

Ainsi avec ce premier rapport, qui convient dans bien des circonstances aux chaudières à vapeur, la résistance transversale ne diffère de celle théorique que de 4 centièmes, mais à l'avantage de cette résistance.

Avec le deuxième rapport, l'allégissement de la section transversale s'est bien augmenté, car en comparant les dénominateurs 2 et 6, le premier correspondant à la résistance longitudinale, on voit que la charge sur la section transversale n'est, avec ce rapport $e = 1/2$ D, que le tiers de celle afférent à la section longitudinale.

Il résulte de ce qui précède cette remarque importante que : lorsqu'on s'occupe de la résistance intérieure d'un cylindre creux, *il faut déterminer l'épaisseur de la paroi* EN FONCTION DE LA CHARGE *sur la section parallèle à l'axe*, et que l'épaisseur trouvée ainsi est toujours *plus que suffisante*, quant à l'effort qui agit sur la section transversale.

INSTRUMENTS D'AGRICULTURE

HACHE-PAILLE

DE DIVERS SYSTÈMES

Par MM. ALBARET ET Ce, constructeurs-mécaniciens

A LIANCOURT

(PLANCHE 27)

Dans les grandes exploitations rurales, on fait usage depuis plusieurs années, pour préparer la nourriture aux bestiaux, de deux petits appareils qui permettent de diviser aisément et très-rapidement les racines, la paille et le foin, de façon à permettre de mélanger ces produits avec d'autres aliments pulvérulents, de les faire fermenter et d'obtenir ainsi une nourriture plus appétissante et par suite plus profitable. On associe mieux, en effet, les fourrages secs et les fourrages verts, les fourrages de médiocre qualité et les grains avec les racines et les pailles.

Nous allons tout d'abord examiner les dispositions des *hache-paille* les plus perfectionnés, et dans un prochain article nous décrirons les principaux systèmes de *coupe-racines* en usage.

Après l'essai d'un grand nombre de systèmes (1), presque tous les constructeurs se sont arrêtés à celui dans lequel des lames courbes tranchantes sont fixées sur les bras d'un volant monté devant l'issue d'un conduit qui sert à diriger la paille; celle-ci est amenée au tranchant des couteaux par deux cylindres cannelés superposés, et qui tournent en sens inverse. Le cylindre supérieur peut se soulever pour laisser passer au besoin des poignées de paille plus fortes, et des roues d'engrenage de rechange permettent de modifier l'avancement, de façon qu'on puisse couper des fragments de longueur variable.

En avant des cylindres, une plaque en fonte, glissant entre deux

(1) Dans le vol. II de ce Recueil, nous avons donné le dessin d'une machine construite par M. Mothes de Bordeaux, fonctionnant à la fois comme hache-paille à lame de couteau vertical, et coupe-racine à disque.

rainures, vient appuyer le fourrage sur la table, afin d'en faciliter la section par les couteaux; la pression de la plaque est augmentée par un contre-poids fixé à l'extrémité d'un levier.

Ces conditions se trouvent réalisées plus ou moins complétement dans presque tous les systèmes en usage. Ce qui les distingue les uns des autres, ce sont les combinaisons particulières, le mode de transmission du mouvement des roues dentées qui provoquent l'avancement de la paille, et les quantités variables des matières hachées qu'ils peuvent produire dans un temps déterminé.

Nous citerons cependant, pour mémoire, quelques dispositions dans lesquelles les inventeurs ont tenté de remplacer les lames par des disques montés sur l'arbre du volant, ou, comme l'a fait M. Champonnois (brevet du 20 mai 1859), par des lames se développant en volute sur le moyeu du volant; dans le hache-paille de ce système, pour simplifier le mécanisme de l'alimentation, l'auteur a disposé les cylindres cannelés verticalement comme les rouleaux adducteurs des pièces de bois dans les scieries mécaniques.

D'autres inventeurs ont imaginé de fixer les lames sur un tambour ou cylindre horizontal, ou bien sur deux cônes tronqués réunis par leur petite base comme dans le système Conrad, breveté le 26 mai 1860. Enfin d'autres ont proposé l'emploi de lames hélicoïdales comme dans le hache-paille de M. Lebrun, constructeur à Neuville-lez-Wasigny, dont un modèle figurait au concours général d'agriculture de Paris, en 1860.

En définitive, comme nous l'avons dit, ce sont les systèmes à volant et à couteaux fixés sur leurs bras qui sont les plus employés : pour donner une juste idée de la disposition de ces appareils, nous allons décrire quelques-uns des bons modèles, tels que les construisent maintenant MM. Albaret et Ce, les dignes successeurs de feu M. Duvoir, de Liancourt, connus avantageusement, comme on sait, pour la spécialité des instruments d'agriculture, machines à battre, manéges, etc. (1).

DESCRIPTION DU HACHE-PAILLE, GRAND MODÈLE,

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. DE 1 A 8, PL. 27.

Ce hache-paille, construit entièrement en métal, présente la plus grande solidité et, pouvant être actionné par un moteur puissant, convient particulièrement aux grandes exploitations agricoles, car il peut facilement préparer et hacher 1,000 à 1,200 kilogrammes de paille par heure, c'est-à-dire plus qu'une bonne machine à battre ne peut en égrai-

(1) Dans le vol. XIV, pl. 36 et 37, nous avons donné les dessins et la description des principaux manéges adoptés pour les travaux agricoles et autres, et particulièrement ceux de ces constructeurs.

ner. Il se distingue par plusieurs détails nouveaux de construction qui ont fait le sujet d'une demande de brevet d'invention en France, le 15 février 1862.

La fig. 1 en est une élévation de face du côté des couteaux.

La fig. 2 en est une vue extérieure de côté;

La fig. 3, un plan horizontal vu en dessus;

La fig. 4, une section verticale, faite perpendiculairement à l'axe des cylindres adducteurs, suivant la ligne 1 et 2 de la fig. 1.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/15 de l'exécution.

Les fig. 5 et 6 montrent, à l'échelle de 1/10, en section et vue de face, le support mobile et la commande du cylindre cannelé supérieur.

Les fig. 7 et 8 font voir l'intérieur de la boîte contenant les engrenages droits qui transmettent le mouvement de l'arbre du volant aux cylindres cannelés.

Le bâti de cette machine est composé d'une table en fonte A percée à jours, sur laquelle sont fixés tous les supports, et qui est supportée par trois pieds de même métal A' et A², boulonnés contre ses nervures. Le pied A², pour se réunir à la table, est divisé en deux branches, afin de livrer passage à la jante du volant V, dont les bras sont garnis de couteaux.

L'arbre *a* de ce volant est supporté par les deux paliers *b* et *b'*, l'un boulonné sur la table, et l'autre fondu avec l'un des côtés du châssis B. Il reçoit le mouvement du moteur au moyen de la poulie P, fixée en dehors du palier *b* à côté de la poulie folle P', sur laquelle on fait glisser la courroie pour amener l'arrêt de la machine.

L'autre extrémité de l'arbre *a*, celle opposée à la poulie motrice, est garnie d'un petit pignon droit denté (représenté par le cercle ponctué *c*, fig. 7) qui commande une roue droite C, par l'intermédiaire d'un autre pignon *c'*. Cette roue et son pignon sont renfermés dans un étui en fonte ou boîte en deux pièces D, destinées à les préserver de la poussière et surtout à garantir de leur contact les ouvriers qui manœuvrent l'appareil.

L'arbre *d* de la roue C est supporté d'un bout par le palier *d'* boulonné sur la table A du bâti, et de l'autre bout par la petite chaise *e* (fig. 2 et 3) fixée contre l'une des parois du châssis B qui, prolongé, reçoit le conduit en bois E dans lequel on place la paille que l'on veut soumettre à l'action de la machine.

C'est par l'intermédiaire de l'arbre *d* qui porte la roue C, que le mouvement est transmis aux rouleaux adducteurs de la paille F et F'. A cet effet, le bout de cet arbre est muni d'un pignon d'angle *e'*, qui engrène avec une petite roue semblable E' calée sur un arbre transversal *f*, supporté par des douilles fondues avec les côtés du châssis B.

Cet arbre traverse le châssis pour recevoir à son autre extrémité un pignon *f'*, qui commande une roue d'angle G fixée sur l'axe vertical *g*, lequel enfin donne le mouvement aux deux rouleaux adducteurs F et F',

au moyen des deux paires de petites roues d'angle *h* et *h'* (fig. 1, 5 et 6).

L'avancement de la paille que l'on soumet au débit des couteaux dépend donc du développement de ces rouleaux, c'est-à-dire de leur vitesse de rotation, de sorte que pour obtenir de différentes longueurs de pailles, il suffit de faire varier cette vitesse.

Ce résultat est obtenu par le changement du pignon *c* (ponctué fig. 7), calé à l'extrémité de l'arbre de transmission *a*. En changeant le pignon, il est nécessaire d'éloigner ou de rapprocher de cet arbre, suivant que le diamètre du pignon est plus grand ou plus petit, la petite roue intermédiaire *c'* qui commande la roue C.

Dans ce but, la boîte en fonte D, disposée pour servir de support à l'arbre de cette roue *c'*, peut osciller autour de l'axe *d*, et à l'aide de la poignée I, il devient facile de la déplacer, puis de la fixer à la distance déterminée, au moyen d'un goujon à poignée I', que l'on engage dans l'un des trois trous *i* (fig. 7), dont est percée l'oreille venue de fonte avec le châssis B.

Les rouleaux adducteurs F et F' ne sont pas fondus avec des cannelures longitudinales, mais avec une série de petites pyramides régulièrement espacées sur leur circonférence, lesquelles assurent mieux que les cannelures l'avancement de la paille. Le rouleau supérieur est disposé de telle sorte qu'il peut se soulever ou s'abaisser, laissant ainsi, entre sa circonférence et celle des rouleaux inférieurs qui ne se déplace pas, une distance plus ou moins grande pour l'entrée de la paille, sans cesser pour cela un seul instant de recevoir son mouvement de rotation de l'arbre vertical *g*.

A cet effet, les coussinets *j* (fig. 2 et 5), dans lesquels tourne l'axe de ce rouleau, peuvent glisser librement dans des coulisses verticales, ménagées de fonte dans l'épaisseur du châssis B. A ces mêmes coussinets sont boulonnés de chaque côté des cadres en fer J ouverts pour laisser passer l'axe du rouleau inférieur; à leur partie inférieure ils sont réunis, afin d'agir bien parallèlement, par des brides *j'* à un arbre horizontal J' muni d'un levier à contre-poids H, destiné à maintenir un certain équilibre dans tout le système, et à contre-balancer le poids assez considérable du rouleau F' qui presse sur la paille.

Pour que le mouvement soit toujours transmis à ce rouleau quelle que soit sa hauteur, les deux petites roues d'angle *h'* ne doivent pas cesser d'engrener ensemble. Ce résultat est obtenu par la disposition du support j^2 (fig. 1, 5 et 6) qui fait partie du coussinet mobile *j*, et maintient prisonnier le pignon monté sur l'arbre vertical *g*, afin de l'obliger à suivre les mouvements du rouleau. Ce pignon glisse donc sur son arbre *g*, qui est carré à sa partie supérieure pour toujours l'entraîner à tous les degrés d'élévation où il se trouve.

Une autre pièce suit encore tous les mouvements des rouleaux supérieurs F', c'est la *visière* K destinée à faciliter l'engagement de la

paille entre les rouleaux et à éviter les engorgements résultant d'une trop grande quantité de matières engagée à la fois dans le conduit E.

Pour suivre les mouvements du rouleau, cette visière K (fig. 4 et 5) est fondue avec des joues latérales *k*, reliées aux coussinets *j'* par les mêmes boulons *k'* qui réunissent ces coussinets, les tirants J formant, avec l'arbre J' et le levier à contre-poids H, le système de cadre équilibré décrit plus haut.

La disposition des couteaux sur les bras du volant V ne diffère pas sensiblement de celle en usage dans les hache-paille ordinaires; ce sont des lames courbes en acier *l* (fig. 1, 4 et 15) coudées légèrement pour présenter un angle ouvert du côté de l'arrivée de la paille, et chacune de ces lames est solidement fixée aux deux bras courbés du volant par six boulons à écrou *l'*.

Travail et produit de l'appareil. — En communiquant à l'arbre du volant porte-couteaux une vitesse de 200 à 300 tours par minute, on peut aisément couper, avec ce hache-paille, en absorbant une force motrice de deux chevaux environ, 4 gerbes de paille par minute,

Soit 20 kilogrammes de paille hachée,

ou 1,200 kilogrammes par heure de travail effectif.

Cette quantité doit naturellement varier suivant que l'on coupe la paille à des longueurs plus ou moins grandes, à 6, 12 ou 18 millimètres, ce que l'on obtient, comme nous l'avons vu, en changeant simplement le pignon qui commande les rouleaux adducteurs.

DESCRIPTION DU HACHE-PAILLE SIMPLE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 9 A 12, PL. 27.

La fig. 9 est une vue extérieure de face d'un modèle de hache-paille construit beaucoup plus simplement que le précédent.

La fig. 10 en est une vue de côté.

Et les fig. 11 et 12, deux sections, perpendiculaires l'une à l'autre, de la boîte et des rouleaux adducteurs alimentaires.

Ce hache-paille est entièrement en métal; son bâti A est fondu d'une seule pièce avec des parties dressées qui reçoivent les supports *b* et *b'* de l'arbre principal *a*, muni du volant porte-lames V. En dehors du support *b* sont montées les deux poulies P et P'; l'une fixe, qui reçoit le mouvement du moteur; l'autre folle, sur laquelle on fait glisser la courroie pour interrompre à volonté ce mouvement.

Près du support *b'* est calée la petite roue d'angle *c*, qui commande une roue semblable *c'* fixée sur un petit axe en fer, lequel est supporté par la douille du palier D, et porte, au bout opposé à la roue d'angle, une manivelle à coulisse *d*.

Cette manivelle commande, par la bielle en fer *e*, le levier double à deux branches coudées d'équerre *e'*, lequel est monté à frottement doux à l'extrémité de l'arbre *f* du cylindre alimentaire inférieur F.

Une roue à rochet *f'* est fixée sur cet arbre, entre les bras ouverts, en forme de fourche, du levier *e'*; et la branche horizontale de ce dernier est munie d'un cliquet *i*, maintenu engagé par une lame de ressort dans les dents de ladite roue.

Il résulte de ces dispositions, qu'à chaque révolution de l'arbre *a*, le levier *e'* oscille sur son axe en entrainant, par son cliquet *i*, la roue à rochet *f* et celle-ci le rouleau alimentaire inférieur F.

L'amplitude du mouvement d'oscillation du levier *e'* doit donc déterminer le développement de ce rouleau, et par suite l'avancement de la paille qui se présente à l'action des lames de couteaux *l*, fixées par les boulons à écrous *l'* aux bras du volant V.

Pour régler cette amplitude, il suffit de changer la course de la manivelle *d*, en faisant glisser le bouton de la bielle *e* dans la coulisse dont cette manivelle est pourvue, puis de resserrer l'écrou qui fixe le bouton dans ladite coulisse.

Le rouleau alimentaire inférieur fait tourner le rouleau supérieur en sens inverse de son mouvement (comme les flèches l'indiquent, fig. 11), au moyen des deux petites roues droites *h* et *h'* (fig. 12) engrenant l'une avec l'autre.

Ces deux rouleaux sont montés dans la boîte en fonte B, fixée sur la table du bâti, laquelle est ouverte en dessus, fermée du côté des couteaux par un volet mobile B' laissant une ouverture suffisante pour la sortie de la paille, et du côté opposé est garnie de feuillures latérales destinées à recevoir le conduit en bois E, qui sert de tablier ou d'auge pour déposer la paille que l'ouvrier chargé de ce soin étale de façon à l'engager en épaisseur convenable entre les rouleaux alimentaires.

Ce hache-paille, mû par un moteur à vapeur ou par un manége, peut couper aisément 350 à 400 kilogrammes de fourrage à l'heure.

DESCRIPTION DU HACHE-PAILLE A BRAS,

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 13 ET 14, PL. 27.

La fig. 13 est une vue de côté d'un hache-paille petit modèle destiné à être actionné à bras d'homme.

La fig. 14 est un détail, à une plus grande échelle, du mécanisme de l'alimentation automatique de la paille.

La construction de cet instrument est encore plus simple, quoique s'en rapprochant beaucoup, que celle du hache-paille que nous venons de décrire ; son volant V, armé des couteaux *l*, est semblable ; sa boîte B. dans laquelle sont montés les rouleaux alimentaires, l'est également ; il

n'y a, en résumé, que la commande du rouleau inférieur et la construction du bâti qui offrent quelques différences.

Le bâti A est composé d'une petite table en fonte supportée simplement par quatre pieds en fer rond A' qui y sont boulonnés.

Le rouleau inférieur est commandé par la camme *d* fixée sur l'arbre *a* du volant. A cet effet, cette camme agit sur le petit galet *e* monté à l'extrémité de la branche verticale du levier coudé *e'*, lequel, comme dans le modèle précédent, est ajusté à frottement doux sur l'axe *f* du rouleau inférieur, muni de la roue à rochet *f'*.

Un cliquet *i*, articulé sur la branche horizontale du levier *e'*, est maintenu engagé dans les dents du rochet, de façon à l'entraîner à chaque révolution de la camme, dont la saillie repousse le galet *e* ; celui-ci est toujours ramené par le poids même de la branche horizontale du levier *e'*, afin que le contact constant du galet et de sa camme soit assuré.

Un contre-cliquet *i'*, engagé également dans les dents de la roue à rochet *f'*, a pour but, d'empêcher son retour, sur elle-même, quand le levier revient, avec son cliquet pour provoquer un nouvel avancement de la paille.

Celle-ci est toujours placée dans un conduit ou auge en bois E d'une longueur convenable, en rapport avec celle de la paille, et supporté d'un bout par la boîte B, et de l'autre par un T en bois arcbouté sur le sol.

L'arbre du volant *a*, monté dans les deux paliers *b* et *b'*, est actionné à bras au moyen de la manivelle M.

Ce modèle, naturellement d'un prix moins élevé que le précédent, à cause de la plus grande simplicité de sa construction, peut encore produire 125 à 150 kilogrammes de fourrage par heure. Il peut donc, comme on voit, rendre relativement d'importants services dans les fermes d'une importance secondaire et chez les entrepreneurs de roulage qui emploient un grand nombre de chevaux.

GARNITURE DES PISTONS DES MACHINES A VAPEUR
ET DES POMPES.

Dans le douzième volume de ce Recueil nous avons consacré un long article à l'étude des divers systèmes de pistons en usage dans les machines à vapeur. Voici, comme complément, la description, d'après le *Cosmos*, d'un nouveau genre de garniture de l'invention de M. G. M. Miller, de Dublin. Cette garniture consiste en deux anneaux pressés de dedans en dehors, sur la paroi du cylindre, par la vapeur qui agit alternativement sur les faces de ce piston sans emploi d'aucun ressort.

Ce genre de piston a été appliqué aux locomotives du chemin de fer irlandais, dit *Great Southern and Western railway*. Ce piston est en fonte de 58^{mill} d'épaisseur et 0^{m}355 de diamètre. Autour sont creusées, sur une surface convexe, deux rainures de 9^{mill}525 de largeur, distantes entre elles de la même étendue, et dans chacune de ces rainures est adapté un anneau correspondant coupé en un point, avec extrémités effleurant bout à bout; anneaux qui font ressort sur la surface concave du cylindre. Deux petits trous de 3^{mill}975 de diamètre s'ouvrent sur chacune des faces de ce piston, en pénétrant jusque sur le fond de la rainure la plus voisine, de manière à laisser la vapeur derrière l'anneau de garniture, et la pousser sur la paroi du cylindre tant que cette vapeur presse sur cette face du piston. L'action alternative des deux anneaux se poursuit donc tout le temps que la vapeur agit sur le piston, l'un de ces anneaux étant toujours pressé étanche sur le cylindre.

Ces pistons à garnitures à vapeur sont employés, paraît-il, depuis plus de sept années sur les locomotives du chemin de fer indiqué, et voici les résultats que l'on a constatés : Dix-neuf machines, à deux anneaux en acier, ont parcouru en moyenne 53,000 kilomètres en roulant pendant seize mois et demi; une de ces machines a fonctionné trois ans et parcouru 150,000 kilomètres avec une même garniture d'anneaux. Cinq machines fonctionnant avec une garniture d'anneaux de laiton ont, dans les mêmes circonstances, parcouru en moyenne 50,000 kilomètres en dix-neuf mois de service, et le plus grand travail que l'une d'elle ait exécuté a été de 70,000 kilomètres en vingt-sept mois.

Vingt autres machines à anneaux d'acier, qui sont encore en service, ont parcouru en moyenne 65,000 kilomètres avec la première et unique garniture.

Le résultat général de ce qui précède est qu'un couple d'anneaux de garniture en acier peut parcourir 60,000 kilomètres en dix mois de travail, et une garniture en laiton 50,000 kilomètres dans le même temps, ce qui présente une différence de durée d'environ 15 à 16 pour 100 en faveur des anneaux en acier.

MÉTALLURGIE

FABRICATION DE L'ACIER ET DU FER

PAR LES PROCÉDÉS BESSEMER

MODIFICATIONS APPORTÉES DANS LA CONSTRUCTION DES APPAREILS

Par M. HENRY BESSEMER, ingénieur à Londres

(PLANCHE 28)

En publiant, dans le xive volume de ce Recueil, les derniers appareils appliqués par M. Bessemer pour la fabrication du fer et de l'acier d'après ses procédés, nous avons fait pressentir qu'ils donneraient lieu dans la pratique à des modifications plus ou moins essentielles. Nos prévisions n'ont pas été trompées.

Déjà M. Bessemer, qui n'a cessé depuis sept à huit ans de s'occuper presque exclusivement de cette importante question, a proposé de nouvelles dispositions qui ont été l'objet d'une patente spéciale, prise en Angleterre le 13 janvier 1863, et d'un brevet d'invention en France, le 1er avril de la même année, sous le titre de : *Perfectionnements dans les procédés et appareils de fabrication du fer malléable et de l'acier* (1).

L'auteur, convaincu que son système est aujourd'hui susceptible de prendre la plus grande extension, s'est beaucoup préoccupé de faire des appareils qui permettraient d'opérer à la fois sur des quantités de matières considérables. Ainsi, il ne parle pas moins de couler 20 à 30 tonnes d'acier par fonte, tandis que les plus grands convertisseurs exécutés jusqu'alors, et qui ont été montés chez MM. Petin et Gaudet, à Assailly, ne permettent pas d'en couler plus de 5 à 6 tonnes.

On comprend qu'il devient indispensable, pour marcher sur une aussi vaste échelle, de rendre les appareils d'une construction toute spé-

(1) Dans le numéro de mai 1864 du *Génie industriel*, nous avons donné le dessin d'un appareil hydraulique à forger, dû à cet habile ingénieur.

ciale afin de les rendre d'un service possible. Le convertisseur tournant, avec ses accessoires, serait non-seulement très-dispendieux, mais encore d'une manœuvre très-difficile. Il a donc paru préférable de le rendre fixe et par suite de le disposer d'une manière différente.

En voyant les dessins de M. Bessemer, on reconnaît que les difficultés ne font pas reculer cet habile praticien, et qu'il sait trouver les moyens pratiques que l'on peut mettre entre les mains des ouvriers. Nous ferons voir comment il a résolu cette question importante.

Ce persévérant inventeur s'est aussi préoccupé d'un autre point essentiel, celui de pouvoir réparer le plus promptement possible les tuyères appliquées au fond de chaque convertisseur, et qui, comme on sait, s'usent rapidement et doivent, par cela même, être remplacées très-souvent.

A cet effet, il a imaginé de mobiliser le fond du convertisseur tournant : ainsi la boîte à air et le fond proprement dit, qui ne font qu'un seul corps, sont munis de galets qui, lorsqu'on détache ce système de la cornue à laquelle il est relié par des boulons à clavette, permettent de le recevoir sur une plate-forme et de le rouler sur un chemin de fer, en dehors de l'appareil, afin de le remplacer immédiatement par un autre fond en bon état et tout à fait semblable, ce qui procure l'avantage de ne pas perdre de temps pour renouveler les opérations. Une presse hydraulique sur le sommet de laquelle se trouve la plate-forme sert à faire monter celle-ci jusqu'à la base du convertisseur pour recevoir ces fonds mobiles et les descendre à la hauteur du sol.

Cette disposition s'applique plus particulièrement aux cornues à rotule, montées sur des tourillons horizontaux qui, dans les nouveaux appareils sont pleins au lieu d'être creux, et présentent par suite plus de sécurité. Ce nouveau mode de construction a fait modifier le tuyau de distribution d'air qui apporte le vent dans la boîte aux tuyères.

Enfin, M. Bessemer parle encore dans la même patente de deux perfectionnements utiles, dont l'un est relatif à l'application d'un agitateur à ailes hélicoïdales qu'il place dans l'intérieur de la poche, au moment où le métal vient d'y être coulé, afin de bien mélanger les matières qu'il propose d'ajouter dans la masse d'acier en fusion, avant de le verser dans les moules; et l'autre, à un système de four circulaire à sole mobile destiné à réchauffer les lingots d'acier qui doivent être martelés ou soumis à d'autres opérations avant d'être livrés : on profite de la chaleur sortant de ce four pour chauffer une chaudière à vapeur tubulaire ou à bouilleur intérieur.

Quoique les diverses dispositions proposées par l'inventeur soient encore trop récentes pour que l'on puisse en constater les bons résultats, nous avons pensé que le sujet est assez intéressant pour devoir en parler avant la mise en pratique, à cause du grand nombre de personnes qui s'en occupent. Nous avons dû nous départir, par cela même, de la règle

que nous avons toujours suivie jusqu'ici, pour notre Recueil, en n'y donnant que les machines ou les appareils qui ont fonctionné, parce que nous sommes persuadé que tout ce que l'on pourra publier sur ce procédé qui paraît si simple et si rationnel, de convertir la fonte en acier ou en fer malléable, sera toujours lu avec le plus grand intérêt. Nous n'avons donc pas cru nécessaire d'attendre que les nouveaux appareils fussent établis et en activité pour les faire connaître. Mais avant d'en donner la description, il nous paraît utile de montrer l'ensemble d'une fonderie d'acier telle qu'elle se trouve installée aujourd'hui chez MM. Petin et Gaudet à Assailly, dans les conditions d'une bonne et grande fabrication courante.

Quand on aura bien suivi la manœuvre de chaque appareil, on comprendra mieux les fonctions ainsi que les perfectionnements que l'on cherche à y apporter, ou les modifications qui sont proposées tous les jours, soit par M. Bessemer lui-même, soit par d'autres inventeurs qui s'occupent également de cette importante question.

L'installation d'un tel système appliquée sur une échelle beaucoup plus grande que celles qui avaient été adoptées jusqu'alors en Angleterre et en France, et qui semble devoir servir de modèle dans un grand nombre d'usines, n'était pas seulement une installation difficile et coûteuse, mais par cela même qu'elle n'avait pas encore de précédent, elle a exigé des soins assidus, des études sérieuses et prolongées, pour atteindre le résultat pratique que l'on obtient actuellement.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE LA FONDERIE D'ACIER INSTALLÉE D'APRÈS LE PROCÉDÉ BESSEMER

ET REPRÉSENTÉE FIG. 1, PL. 28.

Sans entrer dans les détails de construction des appareils qui ont été donnés, nous le croyons, avec de suffisants développements dans le volume précédent, nous allons indiquer la disposition générale qui a été adoptée à Assailly, chez MM. Petin et Gaudet, avec les premières modifications pratiques qu'ils y ont apportées: nous aurons ainsi ajouté un complément utile à l'article que nous avons publié sur ce sujet intéressant.

La fig. 1 du dessin pl. 28 représente une élévation générale des appareils, selon la place respective qu'ils occupent dans l'usine avec les positions que l'on fait prendre aux convertisseurs pendant leur travail.

DISPOSITION DES APPAREILS. — Comme nous l'avons dit déjà dans notre premier mémoire, une fonderie d'acier bien installée d'après le procédé Bessemer doit se composer de deux *cornues* ou *convertisseurs* A et A′, qui, dans l'établissement d'Assailly, sont de dimensions assez grandes pour permettre d'y verser jusqu'à 5,500 à 6,000 kilogrammes de ma-

tière. Ils sont placés de façon que le service de l'un et de l'autre soit alternatif, ce qui donne l'avantage de faciliter la manœuvre et de faire plusieurs coulées dans la même journée.

Nous avons indiqué sur la figure l'un de ces convertisseurs, celui de gauche, dans la position droite correspondante à celle qu'il occupe lorsqu'il est rempli de fonte en fusion, et que le vent y arrive par sa boîte inférieure B.

Cet air amené de la machine soufflante par le tuyau D, se divise par tous les petits orifices des tuyères ajustées dans la boîte B, et se précipite, comme nous l'avons vu, dans toute la masse liquide, afin de brûler le carbone et les autres gaz combustibles qui se dégagent, par la tubulure unique C, dans la cheminée en briques S, munie à cet effet d'une large hotte S′, comme les cheminées ordinaires de forge.

La tubulure C sert à la fois, non-seulement pour la sortie des gaz et des flammes, mais encore pour remplir et vider le convertisseur.

Les lignes ponctuées montrent la position horizontale que l'on fait prendre à celui-ci, lorsqu'il doit recevoir le métal en fusion. On sait que pour cela il faut le faire pivoter sur lui-même au moyen de la presse hydraulique L. Remarquons d'abord que la tubulure, au lieu d'être coupée droite, comme dans notre précédent dessin, se termine par un bec avancé qui facilite la coulée dans la poche; c'est sur ce bec que l'on fait reposer l'extrémité d'une gouttière ou rigole métallique, qui se place entre la cornue et le trou de coulée du fourneau à réverbère ou four de fusion T, dans lequel on amène préalablement la fonte à l'état liquide.

Il paraît jusqu'ici préférable, lorsqu'on veut affiner la fonte ou la convertir en acier, d'employer les fours à réverbère que les cubilots ou fourneaux à manche, comme on le faisait, dans l'origine, à Sheffield. L'opération est certainement plus coûteuse que dans le haut-fourneau qui est adopté dans les usines suédoises, où les fontes sont pures; mais elle est en tout cas plus convenable au point de vue de la qualité du métal.

« On sait, en effet, dit à ce sujet M. Gruner, que toute refonte au réverbère est une sorte d'affinage partiel : le manganèse, le silicium, le phosphore et le soufre sont en partie éliminés; tandis qu'au cubilot la fonte ne perd en général qu'un peu de silicium, et devient même parfois plus sulfureuse qu'à l'état brut. Or comme le phosphore et le soufre sont fort difficiles, sinon impossibles, à séparer dans l'appareil Bessemer, on doit nécessairement refondre toutes les fontes plus ou moins chargées de matières étrangères, en les mettant au besoin en présence d'agents propres à faciliter l'enlèvement des substances nuisibles. Quant au manganèse et au silicium, l'affinage Bessemer les écarte aisément; on n'a guère à s'en préoccuper. »

La gouttière que l'on tient suspendue par des tringles, se met de côté lorsque la cornue est suffisamment pleine et qu'on doit la relever pour la ramener à sa première position figurée en lignes pleines.

Mais lorsqu'on la redresse ainsi, l'air arrive déjà de la machine soufflante et se projette par les trous des tuyères dans la masse de fonte, ce qui empêche celle-ci de s'écouler, quoique liquide, à travers ces nombreux orifices qui, comme on sait, n'ont pas plus de 10 millimètres de diamètre.

On continue ainsi à souffler pendant 15 à 20 minutes au plus; il se dégage d'abord une grande flamme mêlée de vives étincelles qui s'échappent dans la cheminée, puis la flamme diminue notablement et change de couleur; on arriverait bientôt, en poursuivant encore quelques minutes, à produire du fer pur, parce que l'on aurait entièrement brûlé tout le carbone contenu dans la fonte. Mais, lorsqu'il s'agit de produire de l'acier, on a le soin d'arrêter plus tôt; et pour être plus sûr du degré d'aciération, on ajoute à la masse, avant de la verser dans la poche, une certaine quantité de fonte nouvelle. Pour cela, il faut renverser de nouveau le convertisseur, c'est-à-dire le ramener à la position horizontale, et replacer sur le bec le bout de la gouttière que l'on fait communiquer par l'autre extrémité avec le four de fusion T.

On coule alors de 5 à 600 kilogrammes de fonte que l'on mélange avec la masse déjà épurée, en redressant l'appareil et en y insufflant de l'air à nouveau pendant deux à trois minutes.

Après cette opération, si on juge que le métal est converti au degré convenable, on se prépare à le couler dans la poche M, qui a été préalablement chauffée sur un petit foyer spécial, sorte de brazero ou de réchaud à grille ronde. A cet effet, il faut renverser graduellement la cornue en la faisant osciller sur ses tourillons, mais auparavant on a eu la précaution de faire tourner la grue mobile O, de façon que la poche se présente exactement au-dessus et à la hauteur convenable, comme on le voit pour le second convertisseur à droite de la fig. 1, qui montre celui-ci tout à fait renversé, position qu'il doit occuper en définitive quand on veut faire écouler les dernières gouttes de métal.

On relève alors la cornue vide; puis, à l'aide de la grue hydraulique on soulève la poche ainsi remplie, afin de la faire passer au-dessus des moules qui sont rangés sur le sol inférieur, suivant le cercle décrit par le bras même de la grue. Chacun de ces moules, de forme prismatique, présente deux cornues ouvertes à la partie supérieure, l'une pour l'introduction de la matière, et l'autre pour le dégagement de l'air et des gaz qui s'échappent pendant la coulée.

Dès que la poche se trouve au-dessus d'un tel moule, on ouvre la bonde formant soupape, qui bouche l'orifice pratiqué à sa base; cette bonde n'est autre qu'une grosse tige en fer, arrondie à sa partie inférieure qui s'applique sur l'orifice, et s'amincit vers la partie supérieure où elle se recourbe pour être soulevée par le bout d'un levier ou d'une manette disposée sur le côté et à la disposition de l'ouvrier fondeur.

Mécanisme de la grue hydraulique. — La disposition adoptée à la

fonderie d'Assailly, pour les manœuvres que l'on doit faire subir à la grue mobile O, diffère assez sensiblement de celle qui a été représentée sur notre premier dessin pl. 27, du volume XIVe.

Comme d'un côté, il importe que les manœuvres se fassent avec régularité, sans confusion, et aussi rapidement que possible, et que d'un autre côté, il faut éviter que les ouvriers souffrent de la grande chaleur qui existe près des cornues et de la poche, on s'est attaché à exécuter le mécanisme de façon qu'on puisse se placer relativement dans les conditions les plus favorables.

Ainsi, d'une part, sur le sommet même de la grue, on a eu la précaution de fixer un écran vertical U, en toile métallique, pour dérober aux ouvriers la réverbération de la flamme et des étincelles qui se dégagent au moment de la coulée, sans cependant les empêcher de suivre suffisamment l'opération. Placés derrière cet écran, sur le bras même de la grue qui leur sert de plancher, ils peuvent aisément diriger toutes les manœuvres, sans avoir la crainte de se brûler, et cela quelle que soit d'ailleurs la position que l'on fait prendre à l'appareil.

D'une autre part, au lieu d'un grand chariot mobile, destiné à former contre-poids à la charge de la poche, on a simplement rapporté vers l'extrémité du bras opposé à celle-ci, une grosse et forte plaque de fonte R, qui reste à demeure et continue le plancher sur lequel se tiennent les ouvriers de service.

Quand on a besoin de faire tourner la grue, un homme s'applique aux deux poignées qui arment le volant horizontal *p*, dont l'axe est vertical et traverse une petite colonne de fonte fixée sur le bras, pour descendre au-dessous de celui-ci, et recevoir un pignon droit qui engrène avec la roue dentée R′, rapportée sur le collet de l'arbre vertical F de la grue. Il suffit de quelques tours du volant pour déplacer celle-ci d'une certaine quantité, et par suite faire passer la poche d'un creuset ou d'un moule à l'autre.

Pour faire monter ou descendre l'arbre de la grue, on fait tourner le robinet placé sur le tuyau qui amène l'eau de la pompe d'injection dans l'intérieur de la colonne creuse P′, qui sert de corps de presse; ce robinet est évidemment aussi à la disposition des ouvriers, du côté où ils se placent, c'est-à-dire du côté opposé à la poche.

Enfin, lorsque l'on doit faire basculer cette dernière, soit pour la nettoyer, soit pour la chauffer, l'ouvrier chargé de ce soin agit sur le volant à poignées *s*, disposé au-dessus de la petite colonne *v* qui surmonte le contre-poids; l'axe incliné de ce volant se prolonge jusqu'au bout opposé, et se termine par une vis sans fin qui engrène avec une roue hélicoïdale montée sur l'un des deux tourillons dont la poche est munie.

DESCRIPTION D'UN GRAND CONVERTISSEUR FIXE

REPRÉSENTÉ FIG. 2, PL. 28.

Ce convertisseur se distingue des précédents en ce que, au lieu d'être à bascule, il est au contraire établi d'une manière immuable sur un fort massif en maçonnerie. Le convertisseur fixe a déjà été l'un des premiers systèmes proposés et exécutés par M. Bessemer, qui en a fait lui-même l'application en Suède, où il se rendit en 1857. L'appareil qu'il monta alors à Edsken fut établi dans des proportions très-limitées, pour fondre de 4 à 500 kilogrammes de métal à la fois; il ne présentait pas l'aspect grandiose de celui que nous allons décrire, et était par cela même d'une construction beaucoup plus simple.

A proprement parler, ce n'était autre qu'un petit four à cuve dans le genre des cubilots, composé d'une enveloppe cylindrique en tôle garnie d'une forte épaisseur de briques en terre réfractaire, et faisant voûte ouverte à la partie supérieure. Sur le côté latéral était une couverture formant cuvette pour recevoir la fonte en fusion, et sur toute la circonférence de sa base, à une certaine distance de la tôle, étaient appliquées tangentiellement des tuyères à vent, de manière à imprimer au métal en fusion un vif mouvement giratoire. On n'affinait uniquement dans ce système de four que de bonnes fontes au bois.

Le nouvel appareil proposé par M. Bessemer se compose maintenant, comme le montre la coupe verticale fig. 2, de trois parties superposées.

La première, celle inférieure A, est le récipient qui reçoit le métal converti et le conduit directement dans la poche placée près de sa base au-dessous du trou de coulée. Le tout est bâti en briques et en terre réfractaire sur une cuvette en fonte à nervures A′, et dans une enveloppe cylindrique en tôle épaisse A^2, rivée à un rebord supérieur en fer de cornière. Le fond de ce récipient est sensiblement incliné pour faciliter l'écoulement du métal liquide, et se prolonge en se raccordant avec la tubulure latérale *a*, ménagée pour la sortie.

Cette tubulure se termine par une bague ou virole en terre cuite *a′* qui lui donne plus de consistance, et elle est en outre entourée extérieurement d'une douille en fer a^2, fixée contre l'enveloppe de façon à ne pas se trouver en contact avec le métal en fusion. Pendant le travail, elle est fermée au moyen d'une capsule en fonte a^3 qui, étant rabattue, se tient solidement appliquée contre le bord de la douille par un levier chargé d'un contre-poids qu'il suffit d'enlever lorsqu'on veut effectuer la coulée.

Deux autres ouvertures latérales sont également ménagées sur deux parties opposées du même récipient : l'une *b*, elliptique et grande pour servir de trou d'homme, et permettre à l'ouvrier chargé des réparations

de pénétrer à l'intérieur, lorsqu'il est nécessaire d'enlever les tuyères et d'en replacer de nouvelles. Ce trou d'homme est fermé par un couvercle autoclave qui se boulonne à l'extérieur de l'enveloppe A^2. A l'autre ouverture plus petite *c* s'adapte un tuyau muni d'une soupape ou d'un robinet, pour amener le vent dans l'intérieur du récipient; ce tuyau communique directement avec la machine soufflante.

La seconde partie de l'appareil, celle du milieu B, appelée *chambre de conversion*, forme une sorte de grande cuve cylindrique dont le fond et les parois intérieures sont en terre réfractaire, établie sur une forte plaque en fonte à nervures B′ et dans une chemise en forte tôle B^2, qui entoure l'extérieur de cette plaque, et se rive par une cornière avec celle du bord supérieur du récipient; elle est pourvue de nombreuses ouvertures coniques dans lesquelles s'ajustent les tuyères à vent *d*. On sait que ces tuyères sont moulées en terre réfractaire, et percées d'un certain nombre de trous cylindriques qui n'ont pas plus de 1 centimètre de diamètre, pour amener, en le divisant, l'air chassé par la soufflerie, dans toute la masse liquide dont on veut opérer la conversion. Il importe de remarquer que l'on a le soin de mettre sur chaque tuyère, avant de couler le métal en fusion dans la cuve, des espèces de disques méplats *c*, que l'auteur annonce comme faits en terre réfractaire, afin de boucher les orifices, au moment de la coulée avant l'introduction du vent.

La troisième partie de l'appareil, ou la chambre supérieure C, forme le prolongement de la précédente; par suite, elle est sans fond, mais construite de la même façon, en terre réfractaire, dans une enveloppe en tôle C′, qui s'assemble par des cornières avec le bord supérieur de la chemise B^2. Elle est percée sur le côté d'une ouverture présentant une sorte de petite cuvette *f*, par laquelle on verse le métal en fusion, que l'on y fait venir du four à réverbère.

Enfin, comme dans les convertisseurs mobiles, la chambre supérieure C se termine par une grande tubulure oblique C^2, formant conduit pour diriger les flammes et les gaz qui se dégagent de l'intérieur pendant la conversion, dans la grande cheminée d'appel.

Fonctionnement de l'appareil. — Maintenant que l'on connaît la disposition de ce nouveau convertisseur, il n'est pas difficile de comprendre comment il fonctionne.

Supposons que la fonte, préparée et chauffée dans les fours à réverbère, soit arrivée au degré de fusion voulu et prête à couler, on la verse dans la cuvette *f*; et quand on juge qu'il y en a la quantité suffisante, on bouche cette ouverture avec de la terre, puis on fait arriver le vent dans le récipient A, en ouvrant le robinet du tuyau qui communique à la soufflerie.

Cet air se distribue par tous les orifices des tuyères; et comme sa pression, qui est généralement de deux atmosphères, est supérieure à la charge du liquide, il soulève et déplace les petits disques *c*, pour se

répandre dans toute la masse. C'est le moment où la conversion commence ; les gaz brûlent et se dégagent en flamme plus ou moins intense, qui varie de couleur au fur et à mesure que l'opération marche ; la décarburation s'effectue et peut devenir complète si on le juge nécessaire, après un certain temps que l'on estime, en général, à moins d'une demi-heure. Nous avons vu que pour la conversion de la fonte en acier dans les appareils oscillants de MM. Petin et Gaudet, l'insufflation a lieu pendant 15 ou 20 minutes au plus.

Dès que l'on veut arrêter l'opération, on ferme le robinet du tuyau à vent, et on ouvre l'orifice de coulée *a* du récipient. Le métal décarburé ou converti, n'étant plus retenu par la pression de l'air descend rapidement par toutes les ouvertures des tuyères sur le fond incliné, d'où il s'écoule par l'orifice de sortie dans la poche M (fig. 8) placée au-dessous de celui-ci. On se rappelle que cette poche, garnie intérieurement de terre réfractaire, doit être préalablement chauffée à un degré convenable, pour ne pas saisir la matière liquide qu'elle reçoit. Elle est, comme nous l'avons dit précédemment, pourvue d'une valve ou mieux d'un tampon arrondi *g* dont la tige, de même diamètre pour présenter du poids, s'élève jusqu'au bord supérieur où, plus petite, elle se recourbe pour permettre de la soulever, à l'aide d'une manette *g'* disposée extérieurement et à la main de l'ouvrier.

Avant d'ouvrir ce tampon, par conséquent, avant de faire couler le métal converti de la poche dans les moules, il peut être nécessaire de le recarburer ou de le brasser. Dans le premier cas, on fait usage soit d'un carbure de fer, soit de la fonte de fer en fusion, que l'on ajoute au liquide, et que l'on mélange au moyen d'un ringard ou d'un agitateur mécanique. Cette opération peut aussi s'effectuer, suivant l'inventeur, dans l'appareil même, comme elle se fait déjà dans les convertisseurs à rotule.

M. Bessemer a le soin d'observer, dans son mémoire descriptif, que ce système de convertisseur fixe, quoique exécuté sur de grandes dimensions, est susceptible de servir cependant à la conversion de petites quantités de fonte en acier ou en fer malléable. Il dit aussi qu'il pourrait le rendre mobile en le montant sur un chariot à roues, afin de l'approcher ou de l'éloigner à volonté des fours. Il propose encore de faire en sorte que la partie supérieure puisse être enlevée au moyen d'une grue, en faisant la séparation à la hauteur du niveau de la charge, ou au sommet des tuyères.

MODE D'OPÉRER AVEC LES APPAREILS BESSEMER.

D'après ce qui précède, on voit que le procédé de conversion imaginé par M. Bessemer présente réellement deux modes d'opérer assez distincts, et, comme toute autre méthode d'affinage, ce procédé se modi-

fiera sans doute encore de plusieurs autres manières, d'après la nature spéciale des fontes à traiter.

On peut verser tout d'abord dans le four la *totalité de la charge*, puis arrêter l'opération au moment où l'on est arrivé au degré voulu de *décarburation;*

Ou bien on peut *dépasser* ce point, puis revenir à la carburation voulue, en ajoutant vers la fin une certaine dose de fonte pure fortement carburée.

C'est cette dernière marche que l'on suit généralement en France et en Angleterre, tandis qu'en Suède, où l'on travaille des fontes plus pures, on a conservé le mode primitif, plus simple et moins coûteux, quoique peut-être, à quelques égards, moins sûr, lorsque les fontes ne sont pas de première qualité.

On a désigné ces deux variantes sous les noms de *méthode anglaise* et de *méthode suédoise,* quoique au fond elles ne diffèrent que par la dernière phase de l'opération.

Malgré les détails dans lesquels nous sommes déjà entrés à ce sujet, nous croyons qu'on ne lira pas sans intérêt les explications suivantes que nous extrayons d'un ouvrage récent publié par MM. Gruner et Lan, ingénieurs des mines, *sur l'état présent de la métallurgie du fer en Angleterre,* ouvrage important qui se termine par une étude intéressante sur l'affinage de la fonte par le procédé Bessemer.

Mises en feu et chargement du four. — Lorsqu'on veut affiner par le procédé Bessemer, il faut chauffer au rouge le four dans lequel on se propose d'opérer; on le remplit de coke ou de charbon de bois, et vers la fin on donne un peu de vent pour activer la combustion.

Lorsqu'on se sert du four mobile anglais, on le renverse, comme dans la fig. 1, et l'on retire avec soin les escarbilles, cendres et mâchefers; on le relève ensuite horizontalement et on y amène directement du haut-fourneau ou du four à réverbère la charge de fonte qu'il s'agit de traiter. On relève alors la cornue, et au même instant on donne le vent au maximum de pression pour empêcher la fonte de couler dans les tuyères.

En Suède, où le four est fixe et le combustible du charbon de bois, on peut se dispenser du nettoyage préalable, ou du moins il suffit de souffler un instant avant de procéder au chargement. Le vent chasse alors ou consume les derniers morceaux de braise que le four peut encore renfermer.

Ainsi, dès que la fonte a coulé dans le four, elle est violemment traversée par le vent et immédiatement soumise à une action oxydante des plus intenses. C'est l'origine de l'affinage proprement dit.

L'opération, malgré sa brièveté, offre trois phases ou périodes assez distinctes. Sans doute, les caractères auxquels on peut les reconnaître ne sont pas complétement invariables. Dans le procédé Bessemer, comme dans le puddlage, l'apparence du bain métallique et des gaz qui s'en dégagent varie avec la nature des fontes et des substances étrangères qu'elles renferment. La durée des périodes et de l'opération entière dépend non-seulement de l'abondance du vent, mais

encore de la pureté des fontes. Les fontes au bois, par exemple, s'affinent plus vite que les fontes au coke, et les fontes blanches en moins de temps que les fontes grises. Ce que nous allons dire de l'opération ne saurait donc s'appliquer dans tous les cas; il ne peut être rigoureusement question ici que des phénomènes que l'on observe dans les circonstances ordinaires. D'ailleurs le procédé est encore trop nouveau pour que l'on puisse déjà en signaler toutes les variétés.

Cherchons donc à caractériser les trois périodes successives :

1° A l'origine de l'opération, il sort du fourneau une flamme jaune rougeâtre, parfois à pointes plus ou moins bleues. Elle est d'abord peu éclatante et non accompagnée de fumée. Le bouillonnement intérieur et le bruit que fait le vent sont à l'origine relativement faibles. La flamme est d'ailleurs accompagnée d'étincelles, et on peut en distinguer de deux sortes : les unes, petites et blanches, restent brillantes assez longtemps; les autres, plus grandes et d'un rouge moins vif, s'éteignent rapidement. M. Fuchs s'est assuré, en les recueillant à l'usine d'Edsken, que les premières sont de petits globules de fonte en combustion, les autres de véritables scories, des silicates riches en oxyde de fer. Après leur refroidissement, les globules métalliques se composent d'un grain central de fonte plus ou moins mazée, enveloppé d'une croûte mince oxydée.

Cette première phase ne dure que peu d'instants, au plus deux ou trois minutes lorsqu'on traite des fontes au bois comme en Suède. La durée est à peu près doublée dans le cas des fontes au coke.

2° A mesure que l'oxydation avance, le bruit que fait le vent s'accroît, les étincelles se multiplient, la flamme bleuit et blanchit; celle-ci est en général d'un bleu pâle à pointes blanches. En même temps une fumée rougeâtre, plus ou moins abondante, se dégage de l'appareil et vient former un léger dépôt brun, sorte de *cendres volcaniques*, sur tous les objets que renferme l'usine. A ce moment la matière métallique est en pleine ébullition; aussi, lorsque le fourneau est peu élevé, on voit même déborder la nappe scoriacée par l'orifice supérieur. Les matières projetées sont toujours partie métalliques, partie scoriacées, mais les grains métalliques changent de nature, et vers la fin ils deviennent graduellement malléables. Alors aussi le bouillonnement, les étincelles et la fumée diminuent. C'est la fin de la deuxième période qui est la plus longue des trois. En Suède, où les fontes sont pures, on compte de 5 à 6 minutes; en Angleterre et à Saint-Seurin, lorsqu'on affine des fontes au coke, de 10 à 12 minutes.

3° La dernière période s'ouvre avec la cessation des fumées; la flamme perd de plus en plus de son éclat, elle passe au violet et même de nouveau au rouge ou jaune rougeâtre, comme à l'origine, lorsque l'opération est poussée un peu loin. Les étincelles, beaucoup moins abondantes, deviennent plus larges, et les globules se composent de fer plus ou moins aciéreux. La couleur même de ces globules varie rapidement. D'abord rouges, ils passent peu à peu au blanc d'autant plus éclatant que la décarburation est plus avancée. Si l'on atteint le blanc proprement dit, le métal est transformé en fer doux, tandis qu'au blanc orange on a de l'acier. C'est, par suite, à ce moment que l'opération est brusquement arrêtée en Suède. On arrache le tampon du trou de coulée et l'on reçoit l'acier fondu dans un chaudron de fer, enduit d'argile réfractaire. Avec les fontes au bois, cette dernière phase dure, comme la première, de 2 à 3 minutes.

Autrefois M. Bessemer opérait de même. Parvenu aux caractères dont nous venons de parler, on renversait le four mobile pour opérer la coulée par l'orifice

de chargement. Mais, depuis quelque temps, l'inventeur préfère dépasser le but, produire un métal entièrement décarburé, puis coucher l'appareil, arrêter le vent, et ajouter au bain métallique une nouvelle dose de fonte légèrement mazée, c'est-à-dire un carbure saturé tout à fait pur, ou en général de la fonte fondue blanche lamelleuse provenant de fers spathiques fondus au bois (*spugel floss*). Enfin, on coule, comme dans le premier cas, en inclinant le four vers la poche en fer. C'est la variante que nous avons désignée sous le nom de méthode anglaise. Ce double motif paraît lui avoir donné naissance : d'abord la difficulté de savoir le point précis auquel il faut s'arrêter pour produire un acier d'un degré de carburation bien déterminé ; et ensuite surtout, le désir d'améliorer les produits résultant de fontes ordinaires. Il est évident, en effet, qu'en prolongeant l'opération, on assure mieux le départ des matières étrangères, et qu'alors, pour restituer le carbone enlevé, sans introduire dans le produit de nouveaux éléments étrangers, il faut bien avoir recours à une fonte légèrement mazée, tout à fait pure. On peut se demander seulement si le mélange des deux matières sera toujours parfaitement intime, et s'il n'y aurait pas avantage, après l'addition de la fonte pure, de souffler de nouveau pendant quelques secondes. Quoi qu'il en soit, on conçoit que cette méthode modifiée doit s'appliquer surtout aux fontes au coke et aux fontes au bois très-siliceuses, tandis que la méthode primitive ou suédoise nous semble préférable dans le cas des fontes pures des minerais manganésifères. La proportion de fonte pure ainsi ajoutée, doit nécessairement varier avec la nature de la fonte principale que l'on se propose d'affiner.

En général, M. Bessemer en ajoute 10 pour 100.

On voit, d'après ce qui précède, que la durée des diverses phases, et par suite celle de l'opération entière, peut varier du simple au double, à cause de la nature si diverse des fontes à traiter. Aussi M. Bessemer se faisait-il illusion en annonçant, dans son mémoire de 1859, que la durée de l'opération pourrait être aussi aisément réglée par un compteur mesurant le nombre de mètres cubes de vent. Pour qu'il en fût ainsi, il faudrait, non-seulement des fontes rigoureusement identiques, mais encore que l'air fourni par la machine soufflante conservât invariablement le même degré de tension et d'humidité.

Lorsqu'une opération est terminée, on pourrait à la rigueur en commencer de suite une autre, si l'on pouvait avoir à sa disposition de la fonte en fusion; mais, le plus souvent, l'une ou l'autre des nombreuses tuyères est plus ou moins obstruée, et l'on est obligé de les remplacer avant de recommencer un nouvel affinage.

C'est au reste une opération des plus simples, déjà mentionnée plus haut.

Mais, outre cela, il faut préparer de nouveaux moules, enlever les lingots coulés, les ébarber, etc., en sorte qu'en général on ne fait guère, en Suède comme à Sheffield, que quatre ou cinq opérations par vingt-quatre heures. Néanmoins on pourra aller au delà dès que les installations mécaniques seront plus convenables et le personnel ouvrier mieux dressé.

Quant à la durée proprement dite de chaque opération, on a vu qu'elle variait avec la nature de la fonte, et l'on peut ajouter qu'elle dépend aussi du volume d'air injecté. Il est bien évident, en effet, que l'on doit plus ou moins activer l'opération en donnant plus ou moins de vent. Ici, comme en toutes choses, il faut éviter les excès. En marchant trop vite, il serait fort difficile de saisir le moment précis où le travail doit être arrêté. En allant trop lentement on

s'expose à produire des *loups* par le fait d'une trop grande déperdition relative de calorique.

En Suède, où les fontes sont pures, on affine une charge de 1,500 kilogrammes en dix à douze minutes. A Sheffield et Saint-Seurin, où l'on traite les fontes au coke et à l'air chaud du Cumberland (provenant d'hématites rouges), l'opération dure vingt à vingt-cinq minutes, et cela quelle que soit la charge (1 tonne ou 3 à 4 tonnes), parce que le volume de vent est proportionné au poids de la fonte. Mais, dans ces mêmes usines, lorsqu'on y a affiné, à titre d'essais, les fontes au bois de Comté, Allerard, Toga et Niederbronn, l'opération s'est trouvée également achevée, comme en Suède, en moins de quinze minutes.

Déchet. — Le déchet dépend de la fonte et du mode de procéder. En Suède, jusqu'en 1861, il s'est toujours élevé au minimum à 24 p. 100. Pour Edsken, d'après l'ensemble des opérations faites du 15 mai au 1er septembre 1861, M. Fuchs donne les résultats suivants par 100 de fonte.

Lingots d'acier fondu	68,50	76
Métal figé dans le four, la poche ou sur le bord des moules.	7,50	
Scories et globules projetés au dehors.	13,25	
Perte de poids.	10,75	
	100,00	

Le métal figé, appelé *stalskro,* est vendu en Angleterre comme acier naturel, et transformé au creuset, par simple fusion, en acier fondu. C'est bien de l'acier proprement dit, en sorte que le produit réel est en effet de 76 p. 100. Depuis lors on a même atteint couramment le chiffre de 80 p. 100, ce qui ramène le déchet à 20 p. 100.

Les scories et globules projetés sont d'ailleurs repassés au haut-fourneau sans que la qualité des fontes en paraisse altérée.

A Sheffield et Saint-Seurin, on accuse un déchet de 15 à 20 p. 100, et cependant on y traite des fontes moins pures. Y a-t-il erreur sur le chiffre, ou bien le travail se fait-il mieux ? Nous ne savons. En tout cas, il nous semble difficile que la méthode nouvelle puisse opérer l'affinage avec un déchet notablement plus faible que les méthodes anciennes, et, dans la pratique, on devra toujours compter sur une perte d'environ 20 p. 100.

Prix de revient. — Le prix de revient des lingots d'acier fondu ne saurait être fixé encore. Le procédé est trop nouveau, les ouvriers trop peu exercés pour que l'on puisse déterminer, avec un peu de précision, les frais spéciaux de fabrication. Mais on voit déjà, par la simplicité de l'opération, les masses considérables sur lesquelles on opère, et l'absence presque totale de combustible brûlé, que ces frais seront, dans tous les cas, bien au-dessous du prix de revient des aciers et même des fers de choix, fabriqués à l'aide des méthodes anciennes.

A Edsken, à cause de l'imperfection des moyens mécaniques employés, le nombre des ouvriers occupés, y compris les manœuvres, est de douze, ce qui fait environ deux journées par tonne d'acier produit. A Sheffield, six ouvriers et un contre-maître suffisent pour le même travail, en sorte que la main-d'œuvre n'y dépasse guère une journée par tonne ; on voit donc qu'elle s'élèvera, au maximum, à 5 francs par tonne d'acier produit le jour où le travail sera parvenu

dans les usines à l'état de pratique courante. D'autre part, les frais accessoires pour le vent, l'entretien du four, etc., ne sauraient, dans aucun cas, dépasser 25 francs. Si donc la fonte est prise au haut-fourneau, les frais d'affinage, en dehors de la prime à l'inventeur et de 20 p. 100 de déchet, nous paraissent ne pas devoir monter pour les lingots à plus de 30 francs par tonne; soit 40 francs dans le cas de refonte préalable au réverbère. Il faudra cependant, dans beaucoup de cas, faire une large part aux produits *imparfaitement* affinés ou *trop* affinés. Sous ce rapport, il pourra y avoir de nombreux mécomptes, à l'origine surtout.

TRAVAIL DES LINGOTS. — Les lingots d'acier fondu, ainsi obtenus, sont martelés ou laminés à la façon des aciers fondus ordinaires. Un premier martelage est nécessaire, comme dans le cas de tout métal fondu, pour rapprocher les molécules, accroître la densité et, avec elle, la ténacité du produit. Cet accroissement de ténacité ressort nettement des chiffres suivants, résultats d'essais faits à l'arsenal de Woolwich sous la direction du colonel E. Wilmot.

En soumettant les barres à un effort de traction suivant le sens de leur axe, la rupture eut lieu sous les charges dont voici les moyennes :

NATURE DU MÉTAL ESSAYÉ (1).	CHARGE de rupture par pouce carré en livres anglaises.	CHARGE de rupture par millimètre carré en kilogr.
	livres.	kilogr.
Fer fondu en lingots bruts non martelés	41,242	28,99
Fer fondu martelé ou laminé en barres fortes	72,613	51,04
Fer fondu directement laminé en tôles de chaudières	68,347	48,04
Acier fondu en lingots bruts (expériences nombreuses ramenées à trois moyennes)	45,836 68,259 68,998	32,22 47,98 48,50
Acier fondu martelé ou laminé en barres (expériences nombreuses ramenées à trois moyennes)	154,825 157,881 148,324	108,83 110,98 104,26

(1) M. Bessemer omet d'indiquer dans son mémoire la provenance des fontes; aussi ces chiffres n'ont-ils qu'une valeur relative, car ils doivent varier avec la nature des fontes affinées.

On voit, par ce tableau, non-seulement que la ténacité s'accroît dans tous les cas avec le martelage des lingots, mais que cet accroissement est surtout très-sensible pour l'acier. En outre, comme nous le disions plus haut, la ténacité de l'acier martelé est plus que double de celle du fer. Si d'ailleurs on compare ces chiffres à la ténacité des fers et des aciers ordinaires, on remarquera que le fer Bessemer est peu supérieur aux meilleurs fers ordinaires à la houille; car ces derniers résistent rarement à la traction de 40 à 45 kil.; mais ils n'atteignent pas les meilleurs fers au bois, dont la charge de rupture va jusqu'à 60 et 65 kil. La tôle de fer est relativement meilleure, car les tôles ordinaires les plus estimées dépassent de peu la charge de 40 kil.

Aussi, d'après M. Fairbairn, celles du Staffordshire vont à . . . . 32 kil.
et celles de Lowmoor à 40

Enfin, les aciers Bessemer sont réellement d'une ténacité exceptionnelle, puisqu'ils résistent tous à plus de 100 kil., et plusieurs à 110, tandis que les aciers ordinaires sont en général au-dessous de 100 kil.

Il résulte donc, en résumé, des chiffres que nous venons de citer, que la méthode Bessemer convient spécialement pour la fabrication de l'acier, et que cet acier est pour le moins aussi tenace que l'acier fondu ordinaire lorsqu'on opère sur de bonnes fontes.

Quant aux autres qualités du fer et de l'acier, il résulte également des essais faits à Woolwich qu'ils sont l'un et l'autre aussi bons que les produits les plus estimés de la métallurgie anglaise. Le fer peut entièrement se replier sur lui-même sans présenter la moindre crique, et l'acier a servi à la confection de tous les instruments d'alésage et de tournage dont on fait usage dans les ateliers de Woolwich.

En résumé, il semble aujourd'hui établi que la plupart des fontes non sulfureuses, ni phosphoreuses, même celles qui renferment peu de manganèse, s'affinent aisément dans l'appareil Bessemer. Et l'on prévoit déjà le moment où presque toutes les pièces de machines et les tôles des chaudières se feront en acier fondu obtenu par ce nouveau mode de fabrication, car de toutes parts on se met en mesure de l'adopter.

En terminant, répétons de nouveau que les fontes impures ne donneront, pas plus par ce procédé que par tout autre, de bons produits; qu'ainsi l'appareil Bessemer ne sera pas de sitôt appelé à remplacer le puddlage des fontes inférieures pour fers et rails communs.

Mais, d'autre part, il est bien évident pour nous que l'acier *puddlé,* ainsi que le fer *puddlé* aciéreux (*fer à grains*), ont fait leur temps. Ils vont céder le pas à l'acier Bessemer, comme ils ont remplacé eux-mêmes l'ancien acier de forge et l'acier cémenté plus ou moins corroyé.

CONVERTISSEUR OSCILLANT A FOND MOBILE

REPRÉSENTÉ FIG. 3 ET 4 DE LA PLANCHE 28.

Comme nous l'avons dit dans l'exposé qui commence cet article, M. Bessemer, se préoccupant beaucoup de faire produire le plus possible à ses appareils dans un temps donné, a cherché à apporter dans les convertisseurs oscillants une amélioration importante, permettant de changer les tuyères à vent avec facilité et une grande promptitude.

C'est en effet la partie de l'appareil qui est la plus susceptible de se détériorer et qui doit être remplacée très-souvent; c'est par suite celle qui occasionne le plus de chômage et qui limite d'autant plus le nombre des opérations journalières, qu'il faut un temps assez long pour sécher la terre réfractaire avec laquelle sont mouillées les tuyères et la masse ou la garniture qui les reçoit.

L'inventeur a eu l'idée de faire le fond du convertisseur mobile, de

telle sorte que, comme c'est justement lui qui porte toute la série de tuyères nécessaire, il suffit d'avoir des fonds de rechange, et de les substituer successivement, avec leurs tuyères, à ceux qui ont servi; substitution qui peut se faire très-rapidement, comme nous allons le faire voir, au moyen de la presse hydraulique et d'un chariot que l'on fait rouler sur une plate-forme ou un sol uni.

Les fig. 3 et 4 de la pl. 28 peuvent, à ce sujet, donner une idée bien exacte de la disposition imaginée par M. Bessemer.

La fig. 3 est une coupe verticale faite par le milieu du convertisseur et de son fond mobile ; la presse hydraulique est vue extérieurement et son plateau est supposé monté, ce qui a lieu quand elle fonctionne pour effectuer le changement des fonds.

La fig. 4 est une vue extérieure de l'appareil, et une coupe des deux presses hydrauliques, ainsi que de la partie qui sert à la distribution du vent, partie qui est détaillée en sections verticale et transversale sur les fig. 5 et 6.

Il est aisé de voir que la boîte à vent B, qui est boulonnée sous le fond proprement dit B' du convertisseur, se trouve exécutée de telle façon qu'on peut la faire rouler aisément avec tout ce qu'elle porte sur un plan horizontal qui n'est autre qu'un dallage en fonte. Sur trois ou quatre points diamétraux de cette boîte sont rapportés des galets *b*, dont les axes sont ajustés dans des chapes en fer qui leur permettent toute la mobilité désirable. Une sorte de conduit D est ménagé d'un côté pour s'assembler avec le tuyau vertical D', amenant l'air envoyé par la soufflerie.

Cet assemblage a lieu par deux boulons à crochet *c* (fig. 4), que l'on fait passer sur deux pitons adaptés à l'extrémité inférieure du tuyau, lorsque tout le système est remonté, et que l'on peut ensuite décrocher tout simplement, quand on détache le fond de la base du convertisseur.

Ce fond présente une espèce de cuvette en fonte, garnie intérieurement de terre réfractaire comprimée et séchée après que les tuyères y ont été placées; le bord extérieur *d* faisant saillie est retenu au cercle de fonte *e*, qui consolide la base du convertisseur, par des boulons à clavettes que l'on peut mettre et retirer facilement.

L'épaisseur de la garniture intérieure en terre de la cornue est retenue, quand le fond en est séparé par une rondelle de fer ou d'acier *e'* (fig. 3), qui est rapportée sous la bague en fonte *e*; le joint peut être rendue très-étanche, en interposant, d'après l'auteur, une bague en caoutchouc vulcanisé entre les deux surfaces planes.

Pour recevoir le fond et sa boîte à vent, au moment où on les détache du convertisseur, on fait monter au-dessous le plateau de fonte E, surmontant le long piston plein F, lequel fonctionne comme celui qui fait osciller l'appareil sur lui-même, à l'aide d'une pression hydraulique.

Ainsi, il est renfermé dans un grand corps cylindrique en fonte G, logé dans une espèce de fosse en maçonnerie construite en contre-bas

du sol pour ne pas gêner le service; l'eau y arrive par le tuyau *f* (fig. 3), qui communique avec les pompes d'injection placées dans une chambre spéciale, et à la disposition des ouvriers, près du moteur général.

Le piston s'élève jusqu'à ce que le plateau touche l'extrémité des boulons à clavette qui relient la boîte au fond mobile, celui-ci étant encore attaché au convertisseur, comme on le voit sur la fig. 4. On peut alors enlever les clavettes qui le retiennent, puis faire descendre le piston et son plateau d'une certaine quantité, ainsi qu'il est indiqué fig. 3. A ce moment les galets touchent le sol; on peut, par suite, laisser encore redescendre le plateau, afin de faire rouler le système au dehors de la chambre d'affinage, et d'en amener immédiatement un autre, tout garni de nouvelles tuyères, que l'on place de même sur le plateau E, qui alors remonte à la position première, fig. 4.

On comprend que cette manœuvre peut s'effectuer en peu de temps, sans fatigue pour les ouvriers, qui, de cette manière, peuvent opérer le changement des tuyères avec facilité, et rendre ainsi l'appareil propre à faire un assez grand nombre de conversions dans la même journée.

Pour la rotation du convertisseur, M. Bessemer a récemment apporté une modification dans la disposition de la presse hydraulique qui sert à cette opération spéciale. Au lieu de placer celle-ci horizontalement comme dans les appareils que nous avons décrits précédemment, il la dispose au contraire verticalement, de façon qu'elle occupe ainsi notablement moins de place.

Dans ce cas, la tige *g* du piston à double cuir embouti I, qui joue dans cette pompe verticale (fig. 4 et 7), traverse une garniture en étoupe fermant celle-ci par sa partie supérieure, et se prolonge au-dessus, suivant une crémaillère dentée *g'*, qui engrène avec le pignon droit J rapporté sur le tourillon plein *t* de la cornue. Le corps de pompe est boulonné par une large bride, sur la base prolongée du support en fonte à deux flasques K qui porte ce tourillon. Vers l'extrémité inférieure sont appliqués deux tubes *h*, *h'* dont l'un sert à amener l'eau des pompes d'injection, dans la pompe, au-dessous du piston I pour le faire monter, et l'autre conduit l'eau dans le haut au-dessus de ce piston pour le faire descendre. Ces deux tuyaux sont munis chacun d'un robinet à la disposition de l'ouvrier chargé spécialement de la manœuvre du convertisseur.

M. Bessemer a cru devoir modifier aussi la construction du mécanisme d'arrivée de l'air dans l'appareil, afin de donner à celui-ci toute la solidité et la sécurité désirables.

A cet effet, au lieu de faire le tourillon *t'* creux comme auparavant, il le fait venir entièrement plein, comme on le voit sur la coupe transversale fig. 6; et il l'enveloppe d'une douille ou tubulure en fonte *l*, qui est boulonnée sur l'embase du tourillon, et dans laquelle sont ménagées des espèces de cannelures qui, quelle que soit la position que l'on fait

prendre au convertisseur, permettent toujours à l'air de passer pour se rendre par le tuyau D′ dans la boîte à tuyères.

Cette douille tourne ainsi avec le tourillon, par conséquent avec le convertisseur ; elle est ajustée libre dans le support creux en fonte K ; elle s'assemble, d'un bout, à vis avec la partie supérieure du tuyau D′, et de l'autre, à rotule par une boîte à étoupes avec la tubulure latérale l′, qui termine la colonne d'arrivée D^2, que l'on voit se prolonger dans le bas pour communiquer avec la conduite d'air de la machine soufflante.

Dans la portion intérieure de cette tubulure latérale l′ se trouve une soupape à double siége M, dont la tige traverse un stuffingbox pour recevoir au-dessus la charge d'un contre-poids *p*, qui la maintient fermée tout le temps qu'il est nécessaire, c'est-à-dire lorsque la camme M (fig. 4) rapportée contre le bord extérieur de la douille mobile *l*, afin de tourner avec elle, se trouve dans une position telle qu'elle ne soulève pas le levier N qui, avec le contre-poids N′, pèse sur la tige de la soupape.

On se rappelle que cette camme est disposée de façon à tenir le levier élevé pendant que la fonte à affiner se trouve dans l'appareil, et doit recevoir le vent par les tuyères ; ce qui a lieu, par exemple, lorsque le convertisseur occupe la position droite indiquée à gauche de la fig. 1 ; tandis qu'au contraire le levier doit être baissé, et par suite la soupape fermée, lorsque la cornue occupe la position renversée, représentée à droite de la même fig. 1, ou bien lorsqu'elle reçoit la fonte, et qu'on lui fait prendre par suite la position dessinée en lignes ponctuées.

MÉLANGEUR MÉCANIQUE,

REPRÉSENTÉ FIG. 8, PL. 28.

Lorsqu'une charge de métal a été convertie en fer ou en acier par le soufflage d'air atmosphérique, on introduit généralement, comme il a déjà été dit, une certaine quantité de fonte en fusion, soit dans le convertisseur même, soit dans la poche qui reçoit le métal. Cela est surtout nécessaire, fait observer l'auteur, lorsqu'on traite des fontes fabriquées au moyen de combustibles minéraux, tels que de la houille ou du coke.

On préfère à cet effet, dit-il, un carbure de fer contenant de la silice et du manganèse à l'état d'alliage. Or, il est utile que le mélange soit aussi complet que possible, et que l'addition de carbure de fer reste le moins de temps possible exposée à l'action de l'air atmosphérique, jusqu'à ce que la masse soit solidifiée dans le moule.

Pour effectuer ce mélange mécaniquement, M. Bessemer a diposé l'appareil comme le montre l'élévation fig. 8. C'est un arbre vertical V, qui reçoit, à l'aide d'une paire de roues d'angle placées à sa partie supérieure, un mouvement de rotation très-rapide. Cet arbre, retenu par une forte console en fonte U, adaptée contre la muraille de l'atelier, porte à

son extrémité inférieure des ailes ou des palettes obliques P, qui, comme celle-ci, sont rugueuses ou percées de trous, afin que la terre réfractaire dont on les garnit pour les protéger contre l'action du calorique puisse y adhérer plus solidement.

Quand on est prêt à effectuer l'opération, on apporte sous ce mélangeur, à l'aide de la grue à bras mobile, la poche chargée de métal converti et non converti, puis on met en marche afin d'agiter toute la masse énergiquement.

L'inventeur fait observer à ce sujet que l'alliage métallique peut être versé dans la poche, soit avant, soit pendant ou après l'introduction de l'acier; ou bien le carbure, la silice et le manganèse peuvent être introduits dans le convertisseur même avant l'écoulement du produit de la conversion. Cela revient aux deux variantes dont nous avons parlé plus haut.

On a le soin de faire monter et descendre la poche graduellement pendant la rotation de l'agitateur, et au besoin on peut faire tourner celui-ci tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, afin d'effectuer le mélange dans toutes les parties de la masse et de rendre celle-ci parfaitement homogène.

On recouvre la surface du métal d'une couche de charbon de bois, de sable, de poudre d'argile ou de chaux, pour le garantir du contact de l'air, et conserver la chaleur sans nuire à ses qualités.

Afin de pouvoir régler exactement la quantité de carbure de fer que l'on doit ajouter au métal converti, l'inventeur va jusqu'à indiquer l'application, à la grue qui porte la poche, d'une sorte de balance à levier disposée pour peser la matière au moment même de l'opération.

FOUR A CHAUFFER LES LINGOTS,

REPRÉSENTÉ EN COUPE VERTICALE FIG. 9, PL. 28.

M. Bessemer termine la série de ses perfectionnements successifs par la description d'un four spécial tournant, destiné, soit à conserver chauds les lingots d'acier qui viennent d'être coulés, soit à les réchauffer pour les soumettre à l'action du marteau ou du laminoir.

Le système de four qu'il propose à cet effet consiste dans une sole circulaire mobile formée d'un plateau en fonte S, ajusté et fixé sur le sommet d'un axe vertical T monté sur pivot, et tenu par un collet à croisillon. Ce plateau est garni de briques réfractaires, et muni en dessous d'une roue dentée r qui engrène avec une vis sans fin r', dont l'axe prolongé en dehors du four est commandé par l'arbre moteur de l'usine. Le système reçoit ainsi un mouvement de rotation très-lent.

C'est sur cette sole tournante que l'on place, en cercle et debout, les lingots à chauffer ou à réchauffer, en les introduisant par un des côtés latéraux du four X, tandis qu'on les sort après le chauffage par le côté

opposé. Ces ouvertures sont fermées par des portes en fonte garnies à l'intérieur de terre réfractaire.

Le combustible se met sur la grille Y, disposée dans le foyer ménagé en avant de l'appareil, et la flamme qui s'en dégage circule au-dessus et tout autour des lingots pour suivre ensuite un canal en briques Z, afin de chauffer au besoin une chaudière à vapeur, ce qui permet d'utiliser ainsi complétement les produits de la combustion avant de se rendre à la cheminée. Quand il est nécessaire de réparer la sole mobile, on enlève la calotte en briques X', qui recouvre l'ouverture circulaire pratiquée dans la voûte du four.

M. Bessemer s'est beaucoup préoccupé des moyens de traiter les lingots obtenus par son procédé, et au lieu du marteau ou du laminoir, il paraît donner la préférence à la presse hydraulique, dont l'action lui semble plus convenable, pour en réduire le volume ou en changer la forme. Il a pris, à ce sujet, plusieurs brevets d'invention pour des appareils de différents genres, fonctionnant par la pression hydraulique, et destinés à former des cylindres, des prismes ou plaques rondes ou carrées, que l'on découpe en tranches plus ou moins épaisses au moyen de découpoirs mus également par le même mode d'action.

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES SUR LE PROCÉDÉ BESSEMER,

PAR MM. GRUNER ET LAN, INGÉNIEURS.

Nous ne pouvons nous défendre de donner ici, pour compléter l'article déjà très-long que l'on vient de lire sur le procédé Bessemer, les considérations théoriques que MM. Gruner et Lan ont publiées à ce sujet, persuadé qu'elles seront appréciées par les hommes qui s'occupent de cette industrie importante et qui cherchent à y apporter les améliorations qu'elle est encore susceptible de recevoir.

Deux faits frappent tout d'abord, disent ces habiles ingénieurs :

La haute température produite en l'absence de tout combustible charbonneux, et la rapidité extrême de l'affinage. »

Ces deux faits se lient étroitement à l'abondance et à la pression du vent, que l'on injecte en filets minces au milieu de la masse en fusion.

A Sheffield, M. Bessemer estime le vent à 5,000 pieds cubes anglais (14 mètres cubes) par minute et par tonne de fonte, et c'est à peu près le chiffre auquel on arrive lorsqu'on calcule le volume d'après le diamètre des tuyères et la pression motrice.

A Edsken on l'évalue par charge de 1,500 kilog., à 60 mètres cubes. Mais ce chiffre est de beaucoup exagéré; car lorsqu'on part de la hauteur du ventimètre à mercure qui est, dans cette usine, de 0m32, et de la profondeur du bain métallique qui correspond à une hauteur mercurielle de 0m20, on voit que la puissance motrice est de 0m12 seulement; ce qui donne pour 15 tuyères, à 0m018

de diamètre, un volume de 35 mètres cubes à 0° et 0m76, fait 23m.c 30 par 1,000 kilog., chiffre maximum, puisqu'on ne tient aucun compte de la résistance due au mouvement giratoire de la fonte et de l'obstruction partielle des tuyères.

Que devient cet air? Passe-t-il en partie au travers de la fonte sans se désoxyder? Nous ne pouvons le croire, vu l'exiguïté des filets de vent et la haute température du bain métallique. Un excès d'air serait d'ailleurs plus nuisible qu'utile, puisqu'il refroidirait, en pure perte, le bain métallique. Au surplus, il est facile de montrer que les 14 mètres cubes ou 18k20 d'air par 1,000 kilog. de fonte, ne sont pas en excès relativement au poids des matières à oxyder. Admettons que la fonte renferme 3 p. 100 de carbone et 1,5 p. 100 de silicium, il faudra, pour oxyder entièrement ce dernier élément et ramener à 0,5 p. 100 la teneur en carbone, consommer les poids d'air suivants :

Pour transformer en oxyde de carbone 30 kilog. de carbone.	174 kil. d'air.
Pour oxyder 15 kilog. de silicium.	65 —
Total.	239 kil. d'air.

Or, en 20 minutes, on consomme réellement 364 kilog. d'air; donc il reste pour l'oxydation du fer 125 kilog., poids qui correspond à 101 kilog. de fer métallique, en admettant qu'il ne se forme que du protoxyde. Ainsi, le déchet réel en fer ne serait que de 10 p. 100, ce qui s'accorde assez bien avec les 20 p. 100 de perte totale, puisque ces 20 parties renferment au moins 5 à 6 parties de globules métalliques. Néanmoins cette question de l'excès de l'air ne saurait être définitivement tranchée que par l'analyse des gaz sortant de l'appareil.

Quant à la chaleur développée par l'oxydation, il est impossible de la calculer exactement, puisqu'on ne connaît pas le pouvoir calorifique du silicium. On reconnaît cependant qu'elle serait à la rigueur suffisante pour porter le fer de 1,600 à 2,000 degrés, même si tout l'azote de l'air injecté devait également s'échapper à la température de 2,000 degrés. Dans ces conditions, pourtant, l'excès de chaleur serait faible; mais aussi il est évident, d'après ce qui se passe dans les appareils à air chaud, que l'azote de l'air n'a pas à beaucoup près le temps, dans son rapide trajet au travers de la fonte, de prendre la température du bain métallique. Ainsi, par le fait, l'excès de chaleur est plus considérable que ne le donnerait le calcul dont nous venons de parler, et alors, pourvu que l'on opère sur 1,000 kilog. au moins, la chaleur développée par la combustion du fer et du carbone sera toujours plus que suffisante pour éviter la solidification du fer ou de l'acier (1).

Passons à l'affinage lui-même, et voyons par quelles réactions la fonte peut se trouver affinée en si peu de temps.

Il y a d'abord l'absence de charbon qui, précisément dans l'affinage ordi-

(1) Nous rappelons, pour ceux qui voudraient vérifier ce que nous venons de dire, que, d'après Dulong, le kilog. d'oxygène développe, en brûlant le fer, 4.327 calories, ce qui donne 1.236 calories pour le pouvoir calorifique du fer, en admettant que le produit de la combustion se compose de protoxyde exclusivement.

naire, au bas foyer, contre-balance sans cesse l'action oxydante de l'acier et des scories.

Il y a ensuite la température si élevée et le mélange si intense de la fonte et de l'air à haute pression, qui évidemment doivent favoriser l'oxydation d'une façon bien plus uniforme et bien plus énergique que le brossage, relativement si lent et si imparfait, du puddleur sur la sole du réverbère. Dans ce dernier cas, pour que la scorie puisse se mélanger avec la fonte et réagir sur elle, il faut que le métal ne soit qu'à demi fluide, et par suite, à une température relativement peu élevée; tandis que dans l'appareil Bessemer, le mouvement tumultueux communiqué à la masse entière par les nombreux jets de vent, mêle sans cesse la scorie et la fonte malgré leur fluidité extrême et leur grande différence de densité. Les réactions sont par suite, dans ce dernier cas, bien plus vives et plus énergiques.

PREMIÈRE PÉRIODE. MAZÉAGE. — Supposons maintenant, pour commencer par le cas le plus simple, une fonte sans soufre ni phosphore. Dès le premier instant le fer, l'élément *dominant,* est oxydé par l'air et, avec lui, soit directement, soit surtout *indirectement* (comme dans toutes les méthodes d'affinage), le manganèse et le silicium; ce dernier surtout à cause de l'affinité si énergique de la silice pour les oxydes de fer et de manganèse.

Le carbone retenu par le fer est d'abord peu oxydé. Bien plus, grâce à l'oxydation partielle des autres éléments, la fonte s'enrichit même plutôt en carbone à l'origine de l'affinage.

Aussi, pendant cette première période, nul dégagement de gaz : le bouillonnement est encore faible et la fumée presque nulle; d'autre part, la température ne s'est pas encore assez accrue pour rendre la flamme brillante et vive. Déjà cependant la violence du vent projette au dehors, outre les goutelettes de fonte en combustion, des parcelles de scories qui proviennent de la réaction dont nous venons de parler, ou de celle de l'oxyde de fer sur les parois du four. Cette première période est toujours courte, mais néanmoins, à volume égal de vent, d'autant plus longue que la fonte est plus siliceuse et plus chargée de métaux étrangers. De là le travail plus long des fontes brutes au coke, comparativement à celui des fontes au bois ou des fontes refondues au réverbère. Cette première période consiste ainsi en une sorte de *mazéage.*

DEUXIÈME PÉRIODE. DÉCARBURATION. — La deuxième période est caractérisée par un fort bouillonnement, une abondante fumée, une flamme blanche et vive; puis, vers la fin, les grains métalliques, projetés au dehors, deviennent malléables. Les réactions précédemment analysées se poursuivent encore, mais c'est particulièrement la période de la *décarburation.*

L'oxyde de fer, dès lors en grand excès dans le silicate basique, réagit vivement sur le carbone. Il se produit de l'acide carbonique, ou plutôt de l'oxyde de carbone, et par suite une sorte d'ébullition. Cette effervescence est d'ailleurs surtout vive dans le cas des fontes au bois, presque toujours plus carburées que les fontes au coke. La poussière que dépose la fumée est une sorte de *cendre volcanique* (1). Ce sont des parcelles très-fines de scories basiques et d'oxyde

(1) Une cendre volcanique tout à fait analogue se produit très-abondamment dans l'ingénieux appareil de granulation imaginé par M. le baron de Rostaing et également appliqué par lui à l'affinage de la fonte.

de fer entraînées au loin par le vent et les gaz, et ce sont ces mêmes parcelles qui, par leur incandescence, donnent à la flamme un éclat si vif.

Vers la fin de cette période, lorsque le carbone est en majeure partie expulsé, l'effervescence, la fumée et la blancheur de la flamme décroissent rapidement.

La durée de cette deuxième période varie à l'inverse de la première. Elle est relativement longue et mieux caractérisée dans le cas des fontes au bois; plus courte et moins apparente lorsqu'on affine les fontes au coke. L'ébullition est moins vive à Sheffield qu'à Edsken.

Troisième période. Fin de la décarburation. — La troisième période n'est au fond que le dernier terme de la seconde, la fin de la décarburation; elle est toujours très-courte. Lorsqu'on veut, comme en Suède, ne pas dépasser le but, il faut suspendre l'opération au moment où la nuance des gouttelettes métalliques passe au blanc orange; on a du fer si l'on obtient le blanc pur. Cet éclat rapidement croissant des globules s'explique aisément par la disparition du carbone. Aussi longtemps que le fer en contient, l'oxyde de carbone emporte une partie du calorique dû à la combustion du métal; dès que ce dernier est décarburé, toute la chaleur due à l'oxydation du fer sert à en élever la température, qui croît d'autant plus rapidement que sa capacité pour la chaleur est faible. La grosseur plus grande des globules projetés vers la fin de l'opération tient sans doute à la moindre fluidité du métal, qui décroît avec la teneur en carbone.

Les réactions et les produits dont nous venons de parler subissent nécessairement certaines modifications en rapport avec la nature des fontes. Nous avons indiqué déjà les différences que manifestent, sous ce rapport, les fontes au bois et au coke, c'est-à-dire les fontes plus ou moins chargées de silicium et de métaux étrangers. Outre cela, comme dans toute autre méthode d'affinage, les fontes blanches se comportent autrement que les fontes grises provenant des mêmes minerais et des mêmes usines. On a constaté à Edsken que l'opération est plus courte et le bouillonnement plus énergique lorsqu'on traite les fontes blanches. Le produit est moins fluide et d'une nature moins constante. On sait qu'un minerai quelconque peut donner au haut fourneau indifféremment des fontes blanches ou des fontes grises, et les analyses prouvent que les premières se distinguent surtout des dernières par une teneur plus élevée en carbone (1) et une proportion moindre de silicium et de métaux étrangers (de manganèse surtout).

Or, moins il y a de silicium et de manganèse, et plus pâteuses et riches en fer seront les scories. Ainsi, la première période sera plus courte et, pendant la seconde, l'effervescence plus vive à cause du dégagement plus abondant de l'oxyde de carbone; de plus, le produit sera souvent, à cause de la rapidité de la décarburation, incomplétement affiné. On recherche donc de préférence les fontes grises, en Suède comme à Sheffield, et en cela encore l'affinage Bessemer se comporte exactement comme les méthodes ordinaires.

Rôle de l'aluminium. — Néanmoins, il ne s'ensuit pas que toute fonte grise,

(1) Beaucoup de personnes et même de nombreux maîtres de forges croient encore que les fontes grises ou noires sont toujours plus carburées que les blanches. C'est une grande erreur. Ce sont les fontes blanches *lamelleuses* qui renferment le maximum de carbone, habituellement 5 p. 100, tandis que les fontes noires en contiennent rarement au-delà de 3 p. 100. Les fontes blanches *grenues* ou *caverneuses* sont seules, en général peu carburées.

même dépourvue de phosphore et de soufre, soit par cela même propre à la fabrication de l'acier fondu. Ainsi, la fonte très-grise au bois de *Pesmes*, qui donne les meilleurs fers de Comté, n'a pas fourni à Sheffield d'aussi bons résultats que la fonte grise au coke de La Voulte qui cependant, par les méthodes d'affinage usuelles, produit des fers doux bien moins estimés. Sans doute, les essais n'ont été encore ni assez nombreux, ni assez variés pour que l'on puisse déjà, de ce fait seul, conclure l'infériorité absolue des fontes de Comté, au point de vue de l'acier. Rappelons toutefois que les fabricants d'acier de la Loire ont essayé souvent de fabriquer de l'acier avec les fers et les fontes de Comté sans pouvoir jamais arriver à des résultats tout à fait favorables.

Par le pruddlage des fontes de cette contrée, comme par la cémentation de ses fers, on obtient des aciers *courts*, assez médiocres. Évidemment ce défaut n'est dû ni au phosphore ni au soufre, puisqu'alors les fers aussi s'en ressentiraient. Ces fontes doivent certainement renfermer quelque élément étranger non encore accusé par les analyses.

En général, lorsqu'on analyse les fontes, on se borne à doser le carbone, le silicium, le manganèse, d'une part; le phosphore, le soufre, l'arsenic, de l'autre. On considère comme fer *pur* ce qui reste : or il s'en faut de beaucoup qu'il en soit toujours ainsi. D'après Durocher, les fontes de Suède renferment du calcium, du magnésium et de l'aluminium, quoique obtenus avec des minerais riches et un dosage extrêmement siliceux, presque trisilicate, et Karsten donne, dans le dernier volume de ses archives, les analyses complètes de deux fontes grises au bois, dont l'une, celle de Veckerhagen, ne tient que 82.38 pour 100 de fer, et celle de Holzhausen 89,72 pour 100. L'une et l'autre renferment moins de 3 pour 100 de carbone; mais, par contre, outre les éléments ordinairement dosés dans les fontes, du magnésium, de l'aluminium, du molybdène, du vanadium, du chrôme et des traces de plomb. On voit qu'il y a assez de substances étrangères pour expliquer bien des faits qui, au premier abord, peuvent paraître des anomalies.

On sait depuis longtemps que les minerais de Suède sont particulièrement propres à la fabrication des aciers, et, parmi eux, plus spécialement ceux de Danemora. M. Tunner dit, dans son deuxième mémoire sur le procédé Bessemer, que les fontes de Danemora se sont également trouvées supérieures à celles d'Edsken et de Bispberg, lorsqu'on les affine par ce procédé; mais il avoue en même temps qu'on ne sait pas encore d'où vient cette supériorité. Pourtant, ailleurs, ce savant métallurgiste attribue la bonne qualité des minerais suédois à leur fusibilité propre. L'un de nous a fait voir également que cette fusibilité propre joue bien certainement un très-grand rôle dans la sidérurgie suédoise. Mais nous pensons que la *propension aciéreuse* des minerais de Danemora réside encore ailleurs. Non-seulement ils sont *fusibles* par eux-mêmes, *purs* et *manganésifères*, mais encore ce sont de tous les minerais de Suède les moins *alumineux*. Le professeur Ullgren n'y a trouvé, d'après le mémoire de M. Tunner, que 0,33 pour 100 d'alumine; et, tandis que le laitier provenant de ces minerais ne tenait que 1,66 pour 100 d'alumine, le laitier ordinaire d'Edsken en renfermait 4, 3 pour 100.

Ajoutons que les *minerais spathiques*, si éminemment propres à la fabrication de l'acier, sont également tous remarquables par leur pauvreté en alumine, tandis que précisément nos minerais pisolitiques de Comté, du Berri et du

Périgord, si estimés au point de vue du fer, mais en général si peu propres à donner de bon acier, sont au contraire presque tous excessivement *alumineux* et ne peuvent être fondus qu'en adoptant une allure extrêmement chaude. Dans ces conditions, il est bien évident que les fontes seront elles-mêmes chargées en aluminium; or, on sait, d'après les travaux de M. H. Sainte-Claire Deville, que ce métal, une fois réduit, n'est rien moins que facile à oxyder.

Bref, nous sommes convaincu que l'*aluminium* joue, dans la métallurgie du fer et de l'acier, un rôle plus considérable qu'on ne le pense; mais ce n'est pas ici le lieu d'approfondir ce sujet. Nous avons voulu seulement le mentionner en passant, pour attirer sur ce point l'attention des chimistes. L'un de nous d'ailleurs prépare, depuis quelques mois, des matériaux pour un mémoire spécial sur ce rôle de l'aluminium dans la métallurgie du fer. Ajoutons seulement que Durocher, en parlant des fontes à canon de Suède, avait déjà émis l'opinion que « l'*aluminium* pourrait bien être nuisible pour ce genre de fabrication » (page 423 du Mémoire précité).

Dans le procédé Bessemer, comme dans toute autre méthode d'affinage, le *manganèse* facilite le travail sans être indispensable. Par son affinité pour le soufre et l'affinité de son oxyde pour la silice et l'acide phosphorique, ce corps facilite l'épuration de la fonte. Mais si, d'une part, les fontes du Cumberland et de La Voulte donnent, dans l'appareil Bessemer, de bon acier ordinaire quoique à peu près dépourvu de manganèse, d'autre part, les fontes notablement sulfureuses, et surtout phosphoreuses, ne sauraient donner de bons produits, malgré une teneur même élevée en manganèse, comme le prouvent les nombreux essais infructueux, faits par M. Bessemer, sur les fontes anglaises provenant de minerais houillers.

Ceci nous amène tout naturellement à l'examen du rôle que jouent ces deux éléments dans l'appareil Bessemer.

Rôle du Phosphore. — Le phosphore n'est que fort incomplétement éliminé par la méthode nouvelle. Il ne pourrait être expulsé que sous forme de phosphate de fer ou de manganèse. Or le phosphate de fer est ramené à l'état de phosphure par le fer métallique, et il en est ainsi également du phosphate de manganèse et même du phosphate de chaux, au moins sous l'influence des gaz d'un foyer. Ainsi 25 grammes de clous de fer doux, chauffés en présence de 5 grammes de phosphate de chaux, dans un creuset de terre, au feu de forge, ont donné, au laboratoire de l'École des mines, un culot de fonte blanche cassante, à grandes lames, fort dure, pesant 21 grammes, et une scorie vitreuse noire. Il se pourrait néanmoins que sous l'influence oxydante de l'air injecté, la réaction réductrice du fer métallique fût moins énergique, et qu'une partie du phosphore passât réellement dans les scories, comme dans les fineries, les foyers de forge au bois et les fours de puddlage. Mais en tout cas, l'expérience prouve que cette opération est plus imparfaite dans l'appareil Bessemer que dans les anciens procédés d'affinage. Grâce à la température élevée, qui maintient le métal dans un état parfait de fluidité, et grâce à l'agitation extrême des matières qui rend leur contact si intime, le fer réduit sans cesse de nouveau le phosphate momentanément formé.

La haute température, à cause de la volatilité de l'acide phosphorique, doit d'ailleurs plutôt affaiblir qu'exalter son affinité pour l'oxyde de fer. Ainsi donc l'appareil Bessemer est peu propre à affiner les fontes phosphoreuses, et même

l'injection de la chaux par les tuyères, qu'il conviendrait cependant de tenter, paraît difficilement conduire à un résultat favorable, puisque le phosphate de chaux aussi, comme nous venons de le voir, est ramené en phosphore ferreux par le fer métallique en fusion. M. Bessemer, pour combattre les effets du phosphore, a d'ailleurs, sans succès, essayé des additions de minerais de manganèse. Faut-il donc renoncer à l'affinage des fontes phosphoreuses par le nouveau procédé? Pour la production d'aciers *supérieurs*, bien certainement; mais on ne saurait désespérer encore de produire des aciers *communs* avec des fontes qui ne seraient que *faiblement phosphoreuses*. La méthode nouvelle est à ses débuts, et, avant de prononcer, il reste de nombreux essais à tenter. Il nous semble, en particulier, qu'il faudrait avoir recours à une opération *préalable*, puisqu'il est constaté qu'une fusion lente au réverbère fait aisément passer dans les scories la majeure partie du phosphore, surtout sous l'influence d'un courant d'air forcé et de fondants basiques à excès de chaux et de manganèse. Il faudrait donc *mazer* les fontes phosphoreuses au réverbère, selon la méthode depuis longtemps tentée avec succès en Silésie et à Konigsbronn dans le Wurtemberg; mais il faudrait arrêter le mazéage *avant* la décarburation; puis les fontes, ainsi épurées, mais non décarburées, se rendraient de là directement dans l'appareil Bessemer.

Rôle du Soufre. — Le soufre n'est pas facile à séparer non plus. On sait que le sulfure de fer n'est pas décomposé par le protoxyde, et encore moins par le silicate de fer. Sous l'influence directe de l'air, une partie du soufre doit s'échapper, très-probablement, à l'état d'acide sulfureux; mais ce gaz lui-même est aussi décomposé par le fer; en sorte qu'en réalité, l'expulsion du soufre est fort imparfaite. A cause de la haute température et du mélange intime des matières, il en est du soufre comme du phosphore; son départ est certainement plus difficile dans l'appareil Bessemer que dans les bas foyers et les fours de puddlage.

Les scories de forges renferment presque toujours du soufre, et ce soufre ne peut guère s'y trouver que sous forme d'oxysulfures ou de sulfosilicates.

Mais les oxysulfures sont des composés peu stables, et à une haute température ils doivent se partager entre le silicate et le métal; et quant au sulfosilicate ou sulfure double de fer et de silicium (1), il doit résister difficilement à la double influence du fer et du vent; il se produit du silicate ordinaire, et le soufre doit de nouveau s'unir au fer. Ainsi, à part la faible proportion qui peut s'échapper sous forme d'acide sulfureux ou de sulfure de silicium, il semble que cet élément tend plutôt à se concentrer dans le métal.

Pourtant le soufre est moins nuisible que le phosphore, puisqu'on peut obtenir de bon fer et de bon acier avec des fontes au coke; de plus, comme les fontes provenant de fers spathiques et de fers oxydulés mélangés de pyrites donnent néanmoins de fort bon acier, il est probable que le manganèse joue ici le rôle de correctif, par son affinité bien connue pour le soufre, affinité qui doit se manifester non-seulement au haut fourneau, mais encore dans le travail de l'affinage.

Rôle du Tungstène. — Nous venons de voir que le soufre, le phosphore et

(1) On sait qu'il se dégage du sulfure de silicium de beaucoup de fontes au moment de la coulée.

peut-être l'aluminium et d'autres corps encore, ne permettent pas, dans l'appareil Bessemer, la production d'aciers fondus de première qualité. Mais reste à savoir si les aciers communs ne pourraient pas aisément être améliorés. Nous croyons devoir rappeler, sous ce rapport, les essais tentés, dans ces derniers temps, à l'aide du wolfram.

Il est aujourd'hui prouvé, par les expériences nombreuses auxquelles s'est livré le docteur Köller de Vienne, tant en Allemagne qu'en France, qu'en refondant l'acier ordinaire et même la fonte avec 2 à 3 pour 100 de wolfram réduit, on aurait à la fois leur ténacité et leur dureté.

Si l'on dépasse la proportion de 3 pour 100, sa dureté augmente encore, mais alors aux dépens de la ténacité; l'acier devient aigre. Un échantillon qui a donné, à l'École des mines, 6 pour 100 de tungstène, était extrêmement dur, mais aigre comme du verre.

Depuis quelques mois on fabrique, dans l'une des usines du bassin de la Loire, de l'acier wolframisé, et cet acier est recherché pour les limes et les outils tranchants. On refond tout simplement l'acier ordinaire dans des creusets, avec 1 à 3 pour 100 de wolfram réduit, venant de Puy-les-Vignes (Haute-Vienne).

On pourrait donc en faire autant de l'acier Bessemer de qualité inférieure; mais il serait évidemment préférable que la wolframisation pût s'opérer directement dans l'appareil lui-même. Pour cela, il ne faudrait pas introduire le wolfram réduit avant l'affinage, car alors la majeure partie du tungstène serait de nouveau oxydée. On devrait plutôt avoir recours à la méthode modifiée de Sheffield et Saint-Seurin, c'est-à-dire mêler le tungstène réduit à la fonte *pure* en fusion qui doit recarburer vers la fin le fer fondu (1). Après l'addition du wolfram réduit à la fonte pure, on agiterait le bain pour avoir un produit bien homogène, puis on ferait passer la fonte ainsi wolframisée dans l'appareil Bessemer et l'on coulerait l'acier fondu comme à l'ordinaire. Il serait facile de préparer ainsi directement de l'acier fondu à 1/2, 1, 2 ou 3 pour 100 de tungstène, selon l'emploi auquel on le destine. Nous espérons que cet essai sera tenté en France dès que les appareils actuellement en construction seront en activité. »

(1) M. Köller a préparé ainsi dans un cubilot, à Mutterhausen (usine de MM. de Dietrich), une fonte à 10 p. 100 de tungstène que l'on ajoutait ensuite par petites portions au moment du puddlage pour acier de forge. Cet acier en était amélioré, mais une partie du tungstène passait dans les scories, et l'acier puddlé, même *wolframisé*, n'a jamais l'homogénéité de l'acier fondu.



MACHINES A TRAVAILLER LE BOIS

MACHINE A CORROYER

PLANER ET DRESSER LES MADRIERS, LONGERONS, ETC.

INVENTÉE

Par M. MARESCHAL, Ingénieur

ET CONSTRUITE

Par MM. F. ARBEY et Cᵉ, mécaniciens, à Paris

(PLANCHE 29)

Il existe, comme on sait, divers systèmes de machines propres à corroyer, raboter, dresser ou planer les bois, et malgré cela ces machines sont encore peu répandues parce qu'elles ne peuvent remplacer le travail à la main que dans certains cas donnés, et qu'elles ne répondent pas à toutes les exigences du travail.

On peut classer ces machines en deux groupes distincts :

Les unes dites : *Raboteuses continues,* qui blanchissent les bois sans les dégauchir;

Les autres dites : *Raboteuses alternatives ou à chariot,* qui sont destinés à corroyer les bois épais.

Les premières donnent des résultats suffisants pour des parquets, des planchers, des frises, etc., mais ne peuvent convenir pour des bois d'assemblage et les autres travaux de menuiserie, ébénisterie, charpente, etc.

Les deuxièmes sont très-peu employées, leur application étant restreinte à certains cas particuliers assez rares.

Ces deux groupes bien distincts donnent lieu à des combinaisons mécaniques variées, qui elles-mêmes se résument en quatre types principaux caractérisés chacun par la manière dont l'outil fonctionne et attaque le bois.

Le *premier type* comprend les machines dans lesquelles un arbre horizontal, animé d'un mouvement continu et rapide, est muni d'un

manchon armé de bouvets de diverses formes, qui agissent sur la pièce de bois à œuvrer placée au-dessous, laquelle avance d'une *manière continue,* sous l'action de rouleaux cannelés. Par ce système appartenant au premier groupe, le rabotage a *lieu longitudinalement suivant le sens des fibres du bois.* Tel est le mode d'action des outils des machines à dresser les frises de parquets et à faire les moulures, machines que nous avons publiées dans les tomes VII, X et XIV de ce Recueil. Le porte-outil de ces machines doit tourner à une grande vitesse (environ 2000 tours à la minute), et chaque lame en attaquant le bois produit un choc. Ces chocs répétés sont peu sensibles lorsqu'on agit sur des bois étroits, mais ils augmentent rapidement avec leur largeur et deviennent tellement violents lorsqu'on attaque des surfaces au delà de 40 centimètres de largeur, qu'ils ébranlent et donnent du jeu aux machines les plus solidement construites et les mieux scellées.

Le *deuxième type,* beaucoup moins répandu parce qu'il présente l'inconvénient d'absorber une force motrice considérable, est celui dans lequel une ou plusieurs *lames de rabots sont fixes,* tandis que la pièce de bois se déplace mécaniquement suivant le sens longitudinal de ses fibres comme dans le premier type. Quelques constructeurs ont même essayé de renverser le système en rendant les lames de *rabots mobiles,* et en maintenant alors le *bois fixe* (1).

Le *troisième type* a été imaginé par M. Bramah; l'ancien recueil de machines, *l'Industriel,* l'a publié vers 1829; il consiste dans l'emploi de bouvets et de rabots de formes variées qui sont fixés sur un disque tournant monté sur un *arbre vertical,* lequel reçoit un mouvement de rotation rapide pendant que la pièce de bois avance lentement sur un *chariot;* la surface du bois est alors attaquée non plus suivant le sens longitudinal des fibres, *mais obliquement suivant des portions de cercle.* Dans le vol. XI, nous avons donné le dessin d'une bonne machine de ce système construite par M. Calla, et en même temps une disposition plus primitive d'un constructeur de Liverpool, M. Furness.

Enfin, le *quatrième type* est celui, beaucoup plus récent, dû à M. Mareschal que nous allons décrire; ils se distingue par deux particularités essentielles. En premier lieu, il a l'avantage de réunir les propriétés des deux groupes de raboteuses signalées plus haut, c'est-à-dire qu'il est à *deux fins,* soit *alternatif,* soit *continu,* à volonté. Un simple jeu de leviers suffit pour rendre fixe ou mobile la table en fonte dressée sur laquelle on

(1) MM. Bernier aîné et Arbey se sont fait brevetor tout récemment pour une nouvelle machine à corroyer qui emprunte un peu à ce deuxième type, en ce que le bois reste fixe, tandis que le rabot se déplace; seulement celui-ci est animé d'un mouvement alternatif de va-et-vient, comme dans les machines à raboter le fer, et il *travaille le bois en travers sur sa largeur.* Les dispositions spéciales de cette machine et particulièrement celle de l'outil en *forme de gouge et de plane,* permettent de raboter de très-grandes largeurs avec un outil relativement très-étroit.



pose le bois pour le corroyer. On peut donc avec ce système, suivant les exigences du travail, raboter à la *manière continue* des chevrons, des planches, etc., de longueur indéterminée, sans les dégauchir, en les faisant glisser sur la table rendue fixe; ou bien, en rendant celle-ci mobile, dresser parfaitement les plateaux, madriers, chevrons, planches épaisses et morceaux quelconques, si épais et si courts qu'ils soient. Telle est la première particularité du système Mareschal.

La seconde consiste dans la forme des lames qui attaquent le bois. Elles sont *contournées en hélice* et vissées sur un noyau à surfaces héliçoïdales (1). Le diamètre de ce noyau dit porte-lame est de 0m230 environ et le pas de l'hélice est de 1m200. Par cette disposition les chocs n'existent plus, le bois est toujours en prise sur une largeur de deux centimètres environ; le travail s'exécute avec une si grande douceur, quelle que soit la largeur de la surface attaquée, que l'on corroye couramment avec cette machine des panneaux en bois de travers de 70 centimètres de largeur sur 4 millimètres seulement d'épaisseur.

Un autre avantage dont les praticiens apprécient l'importance, c'est que les copeaux, en raison de la forme héliçoïdale des lames, sont chassés sur le côté, en dehors de la machine, qu'alors ils n'encombrent pas comme cela a lieu dans les raboteuses à lames droites.

Outre ces deux points principaux qui caractérisent la nouvelle machine de M. Mareschal, elle possède toute une série de combinaisons mécaniques très-intéressantes qui ont aussi leur importance.

Le porte-lame s'élève ou s'abaisse à volonté, de sorte que l'on peut raboter des bois depuis 3 millimètres jusqu'à 30 centimètres d'épaisseur, sans avoir d'autres soins à prendre que de faire tourner une manivelle pour élever le porte-outil.

Une échelle divisée en millimètres et un curseur indiquent constamment à l'ouvrier la hauteur des lames au-dessus de la table ou chariot; il peut ainsi ménager l'épaisseur du bois de même que s'il le travaillait à l'établi, et enlever d'une seule passe 10 ou 12 millimètres ou effleurer seulement la pièce à corroyer.

Les bois d'épaisseur que l'on veut dégauchir sont placés sur la table et pris par bout entre deux griffes, l'une fixe, placée à l'extrémité antérieure de la table, l'autre mobile pouvant glisser sur toute sa longueur et être arrêtée solidement et rapidement en tous ses points, de sorte que la longueur des bois à dresser peut être très-variable sans qu'il en résulte des retards dans la manœuvre.

L'ouvrier met la table en mouvement au moyen d'un levier d'embrayage. Une fois en marche il n'a plus à s'en occuper, elle s'arrête dès que le bois a passé entièrement et revient d'elle-même à son point de

(1) La disposition de ces lames tranchantes héliçoïdales a beaucoup d'analogie avec celle des machines à tondre les draps que nous avons publiées dans le vol. x.

départ avec rapidité pour être déchargée et rechargée. En outre, elle s'abaisse au retour de 4 millimètres environ, afin que le bois corroyé ne soit plus touché par les lames.

La machine n'a qu'une seule courroie, celle de commande du porte-lames. Son mouvement est si doux qu'elle n'exige ni fondation ni transmissions sous plancher; celui-ci peut être même, sans inconvénient, de médiocre force.

On a déjà compris, sans doute, que la forme héliçoïdale des lames qui, à première vue, rend cette machine bien distincte de toutes celles en usage jusqu'ici, est la solution complète du problème que l'on avait tenté de résoudre au moyen de fers inclinés, échelonnés, etc.

Ces divers moyens étaient un acheminement, la lame en hélice est la solution. Seulement, pour les hommes spéciaux, l'objection qui se présente tout d'abord à la pensée, c'est de se demander si la fabrication et l'affûtage des lames, ainsi contournées, sont faciles et pratiques. En effet, comme l'a bien compris M. Mareschal, là résidait la difficulté; aussi a-t-il commencé par imaginer et faire construire un outillage spécial qui rend la fabrication très-simple; c'est d'abord une *presse à chaud* pour amener les bandes d'acier à la forme héliçoïdale voulue. Grâce à ce premier outil les lames obtenues peuvent recevoir ultérieurement la trempe-Limet, sans le moindre gauchissement. Puis viennent *deux outils affûteurs*. Le premier, au moyen d'une meule conique de très-petit diamètre, marchant à une très-grande vitesse, arrive à raboter la lame sur toute sa largeur, tandis que celle-ci progresse lentement et tourne en même temps autour d'un axe fixe, de telle sorte que la surface de la lame décrit, au-dessus de la meule tangente, la surface héliçoïde qu'il s'agit d'obtenir.

Le second de ces deux outils, *l'affûtoir* proprement dit, qui effectue le biseau de la lame, sous l'angle voulu, est adhérent au bâti de la machine, dont il fait partie intégrante. Au moyen de cet appareil annexe, placé directement au-dessus du porte-outil, il suffit de faire monter celui-ci par le mouvement même de la machine, et cela par un simple embrayage, pour mettre les lames en contact avec un disque mince ou meule en émeri allant et venant sur le taillant à affûter, en tournant avec une grande rapidité.

Les choses sont disposées de telle sorte que la lame présente successivement tous les points de son biseau à l'action de la meule, et quand l'ouvrier, qui surveille la marche de l'affûtoir, voit que le morfil est produit, il passe à la lame suivante.

Lorsque les trois lames, qui composent la monture complète, sont ainsi affûtées, il n'a plus qu'à enlever le morfil à la pierre à l'huile, sans démonter les lames. Remarquons aussi que celles-ci ne se démontent jamais que lorsqu'elles sont complétement usées et qu'il faut les remplacer.

La machine est encore pourvue d'un accessoire très-ingénieux qui,

dans ce système de corroyage au moyen de la lame héliçoïdale, présente une grande importance; cet accessoire est appelé par l'auteur *boîte à caler*. Elle se place sur la table mobile, et a pour but en effet de créer, sous la planche en travail, et *dans toute sa longueur, une succession de soutiens*, au moyen de petites languettes de support à action simultanée par l'intermédiaire de coins automatiques. Les languettes sont distribuées suivant des lignes parallèles, très-voisines les unes des autres; chacune de ces lignes d'appui, ou de centres de pression, jouit de la propriété de pouvoir s'incliner plus ou moins relativement à l'axe de l'outil raboteur, et de varier d'inclinaison spontanément, pour épouser la forme plus ou moins irrégulière du madrier, en même temps qu'elle s'étend sur toute la largeur du bois en marche et en travail.

L'ensemble des dispositions, comme aussi les détails que nous venons de signaler, se comprendront aisément, nous l'espérons, à l'examen du dessin pl. 29, qui représente cette machine, sous diverses projections, et en suivant avec un peu d'attention la description détaillée que nous allons en donner.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A CORROYER LE BOIS

REPRÉSENTÉE PL. 29.

La fig. 1 est une section longitudinale de la machine.

La fig. 2 en est une section transversale.

La fig. 3 est un plan du banc coupé au-dessous du chariot, à l'exception de la partie de droite qui laisse voir le dessus de ce chariot avec les griffes destinées à maintenir le bois de ce côté.

La fig. 4 représente la tête du bâti qui supporte l'affûtoir, et le porte-outil remonté pour recevoir l'action de la meule.

La fig. 5 montre l'affûtoir en plan vu en dessus.

La fig. 6 est un détail de la vis à double pas inversé qui donne le mouvement de translation d'aller et retour à la meule.

Les fig. 7 et 8 représentent, suivant deux sections perpendiculaires l'une à l'autre, le système de glissière à coins du chariot, mobile sur les bords latéraux du bâti.

Les fig. 9 et 10 font reconnaître les dispositions spéciales de la *boîte à caler* que l'on fixe sur le chariot pour recevoir les bois à faces irrégulières.

Dispositions générales. — Toutes les pièces de cette machine sont supportées par un fort bâti ou banc en fonte, de 4 mètres de longueur, composé de deux longerons A et A', réunis entre eux par des entretoises en fer *a* et fixés au sol par des boulons. Les entretoises *a* sont entourées par des manchons en fonte *a'*, fondus avec des oreilles qui servent de centres d'oscillation à des leviers de débrayage, comme on le verra plus loin.

Vers le milieu de leur longueur, les longerons A, A′ sont pourvus de montants verticaux B, B′ venus de fonte avec eux pour recevoir les supports F et F′ du porte-outil D entre lesquels ils glissent.

Sur le banc peut se mouvoir, dans le sens longitudinal, la table en fonte G sur laquelle se fixe la pièce à corroyer. Le mouvement de va-et-vient est donné à cette table, et par suite au bois à œuvrer, par une chaine de Galle commandée en-dessous par un mécanisme spécial.

Les deux montants B et B′ sont réunis, à leur partie supérieure, par deux entretoises *b b′* qui en maintiennent l'écartement, et en même temps servent de glissières au chariot C muni du mécanisme de l'affûtoir. L'entretoise *b* est taillée, dans une partie de sa longueur, sous la forme d'une vis à double pas inversé pour donner au chariot le mouvement alternatif qui lui convient.

De chaque côté du porte-outil D, et sur le même support, sont montés deux cylindres en fonte E, E′, maintenus en pression sur le bois par des ressorts à boudin *e*, exerçant leur action aux extrémités de ces deux cylindres. L'un d'eux, celui E, est cannelé sur toute sa circonférence, et reçoit le mouvement de la chaîne de Galle *e′* (fig. 2 et 4), commandée par une petite roue *q* (fig. 3), fondue avec le manchon à griffe *p*, qui est fixé sur l'axe horizontal M, lequel, comme nous l'expliquerons bientôt, est monté sous la table mobile pour transmettre le mouvement de va-et-vient à cette table. La chaîne *e′* passe sur deux pignons de renvoi e^3 (fig. 4), et vont s'enrouler sur la roue dentée e^2, fixée à l'une des extrémités de l'axe dudit cylindre. Ce mouvement de rotation n'est appliqué que lorsque la machine est disposée pour blanchir le bois; il a pour but de lui communiquer le mouvement d'avance nécessaire.

Porte-outil et son mouvement. — Le porte-outil D se compose d'un noyau en fonte à surfaces héliçoïdales, sur lesquelles sont vissées les lames ou couteaux *d*. Ce noyau est fixé, au moyen de vis de pression, sur l'arbre en fer D′, qui le traverse dans toute sa longueur, et il tourne dans les coussinets des supports F et F′, lesquels peuvent être déplacés verticalement entre les deux montants B et B′ du bâti, en entrainant tout le système du porte-outil et les cylindres de pression.

Ce déplacement est produit à la main, à la volonté de l'ouvrier, au moyen des longues vis parallèles *f f′*, qui traversent des écrous taraudés dans l'épaisseur des supports F et F′, et qui descendent sous les longerons A A′ du bâti pour recevoir les petits pignons d'angle *g* et *g′* (fig. 2).

Ces pignons engrènent avec des pignons semblables *h h′*, fixés sur les petits axes intermédiaires *i*, qui sont supportés par les consoles I boulonnées sous le bâti. Les arbres *i* sont encore munis des petites roues d'angle I′, qui engrènent avec les pignons *i′* clavetés sur l'arbre horizontal J, traversant toute la largeur du bâti; cet arbre est commandé par l'intermédiaire de la roue droite dentée *j*, qui y est fixée, et du pi-

gnon j' monté sur un second axe parallèle J′ muni, à l'extérieur du bâti, de la manivelle K (fig. 3). C'est en agissant sur celle-ci que l'ouvrier transmet le mouvement aux roues d'engrenage que nous venons de désigner, lesquelles, comme il a été dit, font tourner les vis f et f' dans le sens convenable, pour faire monter ou descendre le porte-outil.

L'arbre D′ de ce porte-outil D est prolongé en dehors du support F, pour recevoir la poulie L (fig. 2), entourée par la courroie venant du moteur. Une autre poulie à gorge L′, est encore fixée sur l'arbre D′ près celle L; elle a pour but de conduire le porte-outil pendant l'opération de l'affûtage.

Va-et-vient de la table. — La table G, sur laquelle on fixe les pièces de bois à corroyer, est animée d'un mouvement alternatif accéléré au retour, temps perdu pendant lequel l'outil ne travaille pas, et que par conséquent il est bon de diminuer le plus possible.

Ce mouvement de va-et-vient est produit par un mécanisme relativement très-simple, placé sous la table; il se compose de l'arbre M, supporté par des paliers m logés dans les longerons A et A′ du bâti, et recevant la commande du porte-outil au moyen de deux paires d'engrenages, d'une roue et d'une vis sans fin.

A cet effet cet arbre est muni, en dehors du bâti, de la roue droite dentée N (fig. 2 et 3), qui engrène avec le pignon N′ fixé au bout de l'axe M′ parallèle à celui M, et qui traverse également la largeur du banc pour reposer par ses tourillons extrêmes dans les paliers m'.

Sur ce second arbre, près du pignon droit N′, est fixé le pignon d'angle n qui engrène avec la roue n' clavetée au bout de l'axe vertical O, lequel est supporté par des paliers o, o' rapportés sur le montant B du bâti.

Sur toute sa longueur, cet arbre O est muni d'une clavette sur laquelle peut glisser librement la roue droite à denture héliçoïde O′ (fig. 2), qui engrène avec une vis sans fin P, clavetée au bout de l'axe du porte-outil. Un support P′, fixé à celui F′, embrasse le moyeu de la roue O′, afin que, pendant le mouvement ascendant ou descendant de l'outil, cette roue et la vis P, devant marcher de concert, restent toujours engrenées.

Le mouvement rotatif, quoique rapide, communiqué au porte-outil par la courroie motrice, détermine ainsi, par ces diverses relations de roues d'engrenage, le mouvement relativement très-lent de l'arbre M, lequel, à son tour, commande celui de va-et-vient de la table.

Dans ce but une roue à denture double M^2 est fixée au milieu de sa longueur pour engrener avec les maillons de la chaîne de Galle H, fixée par ses extrémités aux deux bouts de la table G. On remarquera que cette chaîne, après avoir passé sur l'un des côtés de la roue dentée double M^2, redescend en dessous pour embrasser le galet tendeur H′, que l'on charge d'un contre-poids, puis remonte sur l'autre côté de ladite roue et s'attache à l'extrémité opposée de la table. Cette combinaison a pour but

de maintenir la chaîne toujours suffisamment tendue pendant le travail, afin d'assurer l'engrènement des maillons avec la roue M^2.

Pour éviter les chocs nuisibles qui se produiraient inévitablement sur la chaîne à chaque fin de course au départ, aller ou retour, l'auteur a disposé les points d'attache de la chaîne à la table de façon à présenter une élasticité suffisante pour contre-balancer les effets de tension et d'arrêts brusques. Ainsi la chaîne H est reliée à chaque bout de la table G, par l'intermédiaire d'un petit balancier *k*, qui a son point fixe sur la chape en fer *k′* boulonnée à la table, et son autre extrémité articulée avec la tige *l* logée en partie sous cette même table et à laquelle elle se trouve arrêtée par le fort ressort à boudin *l′*; celui-ci est retenu par une rondelle et un écrou, de sorte que, quand la chaîne exerce sa traction elle comprime d'abord le ressort *l′* avant d'entraîner la table, et par cela même évite les chocs si pernicieux pour la conservation des chaînes.

Le mécanisme au moyen duquel le renversement du mouvement rectiligne de la table est opéré, consiste dans la combinaison de deux manchons à griffes alternativement embrayées et débrayées. L'un de ces manchons *p* (fig. 2 et 3) est monté sur l'arbre M; sa partie mobile est embrassée par la fourchette du levier Q, qui a son point fixe sur le tube *a′* de l'une des entretoises *a*, et qui a pour but de déplacer latéralement la partie mobile des griffes de la partie fixe du manchon, afin d'opérer le débrayage.

Le levier à fourchette Q est relié par la bielle en fer méplat *r*, à un autre levier à fourchette Q′, qui embrasse un deuxième manchon *p′* monté sur l'arbre M′.

De cet accouplement des deux manchons, il résulte que le même mouvement qui opère le débrayage de l'un détermine l'embrayage de l'autre. Or, ce double effet doit se produire à chaque extrémité de la course, aller et retour, de la table G. A cet effet, celle-ci porte sur le côté un petit taquet, dont on peut varier la position sur la longueur de la table, et dont la fonction et de venir frapper sur un butoir *s* fixé en un point de la longue tringle en fer S, laquelle est guidée par des oreilles venues de fonte avec le longeron A du bâti, et terminée à son extrémité par une crémaillère S′, qui engrène avec le secteur denté S^2. Celui-ci est fixé sur un axe horizontal R, qui tourne librement dans des supports fixés sur le sol.

Sur cet axe est calée une petite manivelle *r′*, au bouton de laquelle est reliée la longue bielle en fer R′, qui s'attache par l'autre extrémité à la manivelle horizontale T. Cette dernière est fixée à la partie inférieure d'un petit arbre vertical monté dans le support T′ boulonné sur le sol, et dont l'extrémité supérieure est munie d'une dent ou camme *t*, qui s'engage dans une chape appliquée sur la bielle *r*, laquelle se trouve ainsi dépendante des mouvements communiqués à ladite camme *t*.

Or, vers la fin de chaque course de la table, le taquet dont elle est

munie vient frapper sur le butoir *s* fixé à la tringle S, le repousse avec celle-ci, et sa crémaillère S′ fait mouvoir le secteur S^2; l'arbre R de ce secteur tourne alors, et avec lui la manivelle *r′* qui, par la bielle R′ et la manivelle T, imprime un mouvement à la camme *t;* celle-ci par la bielle *r* déplace les leviers Q et Q′, qui opère le débrayage de l'un des manchons et l'embrayage de l'autre.

Un mouvement semblable, mais en sens inverse, a lieu au retour, au moyen d'un second taquet disposé sur le côté, vers l'autre bout de la table, pour repousser le butoir *s*, et replacer ainsi les manchons dans leur première position.

Un levier à poignée R^2 (fig 3) est fixé sur l'arbre R, en dehors du bâti, pour permettre d'opérer à la main le débrayage complet de la table, ou simplement en changer la marche à volonté.

Or, comme nous l'avons dit, le retour de la table s'effectue beaucoup plus rapidement que pendant la marche en avant, indiquée par le sens de la flèche (fig. 1) et pendant laquelle l'outil travaille. Dans ce dernier cas la table est commandée, comme nous l'avons vu, par l'arbre M′ dont le pignon N′ engrène avec la roue N, d'un diamètre trois fois plus grand, montée sur l'axe M, de la roue à chaîne M^2; il suit de là que cet arbre, qui commande la marche en avant, tourne avec une vitesse trois fois moins grande que celui M′, tandis qu'au retour l'arbre M, par suite du débrayage du manchon *p* et de l'embrayage de celui *p′*, marche à la même vitesse que l'arbre du pignon N′, parce qu'il reçoit, dans ce cas, la commande des trois pignons droits m^2 (fig. 3) de même diamètre.

Afin que, pendant le retour, le bois corroyé ne soit pas touché par les lames, la table sur laquelle il est assujetti s'abaisse de quelques millimètres au moyen d'une disposition de glissière à coins dont ses bords latéraux sont munis, et que les fig. 7 et 8 représentent en détail.

La fig. 7 est une section longitudinale d'un des longerons du bâti, faite devant la table G, et la fig. 8 une section transversale de cette table, à l'endroit du ressort qui assure le fonctionnement des coins.

Comme on peut le remarquer par cette section, les côtés latéraux de la table sont fondus avec des nervures ou guides verticaux, qui sont dressés pour glisser entre les deux bords formés par le dessus des longerons A A′ du banc. Ces derniers, sur une faible largeur, sont eux-mêmes dressés de deux côtés pour recevoir les glissières *u*, posées à plat, et reliées à la table avec laquelle elles doivent se déplacer.

A cet effet, le dessous des bords de cette table est fondu avec un certain nombre de plans inclinés en saillie ou coins *u′*, distancés également sur toute la longueur, et qui correspondent à autant d'entailles pratiquées sur les deux longues glissières *u*. Sous la table, à chacune de ses extrémités, est fixée par ses deux bouts une forte bande d'acier U (fig. 8), cintrée au milieu pour former ressort et se réunir à une autre bande U′, qui appuie par ses extrémités sous les longerons, de

manière à exercer une assez forte pression destinée à maintenir la table appliquée sur le banc.

Cette pression des ressorts n'est utilisée que pendant la marche en avant de la table; quand au contraire elle est au repos ou qu'elle revient, les plans inclinés ou coins u' reposent alors au fond des entailles des glissières u, et les deux bandes d'acier U et U' n'exercent aucun effort; mais lorsque la chaîne opère sa traction sur la table, elle commence d'abord à se mouvoir sans entraîner les glissières u, sur lesquelles elle tente, au contraire, à s'élever par l'effet des plans inclinés saillants u', qui montent sur ceux entaillés dans les glissières u; la table peut donc s'élever, mais alors en bandant les ressorts U et U' jusqu'à ce que la pression exercée par le dernier soit assez forte pour entraîner les glissières, qui suivent ainsi le mouvement de la table.

Quand au retour le mouvement inverse se produit, l'effet contraire a lieu, c'est-à-dire que les plans inclinés saillants u' descendent au fond de ceux entaillés dans les glissières u; les ressorts cèdent en se débandant et la table G s'abaisse de quelques millimètres; le talon des plans inclinés u' bute dans le fond des glissières u, et celles-ci se trouvent entraînées dans le mouvement de la table.

Il résulte naturellement de cet abaissement que le bois corroyé pendant la marche en avant peut revenir à son point de départ sans avoir été touché par les lames.

Pour fixer le bois à œuvrer sur la table, l'une des extrémités de celle-ci est pourvue d'une griffe fixe v (fig. 7), contre laquelle le bois vient s'appuyer, et l'autre extrémité est munie de deux griffes mobiles V, dont on règle exactement la position à la distance voulue suivant la longueur des bois, en la faisant glisser entre deux coulisseaux fixés sur la plaque V', laquelle peut se déplacer facilement sur la table, et y être arrêtée au moyen de deux écrous à manettes v'.

A l'extrémité postérieure des griffes V' sont articulées à charnière deux vis en fer x, qui traversent deux écrous prisonniers dans des supports fixes x'; ces écrous sont fixés au moyeu de petits volants à main X, qu'il suffit de tourner à gauche ou à droite pour serrer ou desserrer le bois qu'il s'agit de corroyer.

Appareil de l'affutoir. — L'affûtage des lames étant, comme nous l'avons dit, une des conditions importantes de ce système de machine à raboter à lame hélicoïdale, et cette opération présentant à la main des difficultés sérieuses, M. Mareschal a dû pourvoir sa machine d'un organe spécial qui permît d'affûter les lames sans rien démonter.

Pour arriver à ce résultat, la partie supérieure des montants B et B' du bâti est munie d'un petit chariot rectangulaire C, qui peut se déplacer dans le sens transversal sur deux entretoises fixes b, b', servant de glissières. A l'intérieur de ce chariot est monté sur pointes un petit arbre qui porte la meule mince en émeri C', une petite poulie à gorge c pour

la commande et une vis sans fin c' (Fig. 4 et 5). Cette dernière transmet le mouvement à une roue à denture hélicoïdale c^2, fixée sur un arbre horizontal C^2, également monté sur pointes et placé dans une direction perpendiculaire à celui de la meule.

Cet arbre C^2 est aussi muni de la vis sans fin d', qui donne, en dessous, le mouvement à la roue dentée d^2 fixée sur la douille en bronze a^2 (Fig. 6), pouvant tourner librement sur la vis à deux pas inversés b, laquelle, quoique restant fixe, donne au chariot C son mouvement de va-et-vient. Voici comment :

Sur la douille a^2 est fixé un petit canon en bronze a^3, dans lequel tourne librement la queue d'une pièce à fourche z, qui embrasse une partie de la circonférence du noyau de la double vis b, et qui sert d'écrou pour la conduite du chariot. Comme les rainures hélicoïdales de cette vis se coupent nécessairement deux fois par chaque révolution, les branches de la pièce z doivent être plus longues que les rainures formées de chaque côté de la vis par le croisement des deux filets à leur rencontre. Sans cette précaution, elle pourrait quitter une rainure pour l'autre aux croisements.

Quand on veut faire fonctionner l'affûtoir, il suffit d'embrayer l'écrou dans les pas de la vis b, ce qui se produit au moyen d'une petite douille en bronze z' commandée par le levier à main Z (fig. 5), qui a son point fixe sur le bâti, à l'extrémité de la vis.

La partie intérieure de cette douille d'embrayage z' est terminée (voyez fig. 6), suivant la direction hélicoïdale du croisement des deux filets de la vis, de manière à fermer, pour ainsi dire, les dits filets, afin que pendant la rotation de la douille a^2 et de l'écrou z, celui-ci, abandonnant le filet à droite, par exemple, s'engage de lui-même dans celui à gauche pour reprendre une direction de mouvement contraire à celle qu'il avait précédemment.

En éloignant la douille z' des filets de la vis, au moyen du levier Z, l'écrou z est abandonné à lui-même et ne s'engage plus dans le second filet de la vis, de sorte que le chariot reste en place.

L'autre extrémité de la double vis b est fermée, de même qu'à l'endroit du débrayage, afin que le chariot puisse opérer une course complète, aller et retour, sans aucun autre mécanisme.

Pour affûter les lames, il suffit de faire monter le porte-outil en agissant sur la manivelle K, dont l'arbre fait mouvoir les divers engrenages qui actionnent les vis verticales f et f', ainsi que nous l'avons décrit plus haut, afin de mettre en contact le biseau de l'une des lames avec la meule C, position représentée fig. 4.

La lame à affûter vient alors s'appuyer sur un support c^3, fixé au chariot, destiné à recevoir la pression de la meule et à empêcher le porte-outil de se déplacer. Pour cette opération, la poulie L', fixée à l'extrémité de l'axe D' du porte-outil, est munie d'une corde avec un fort contre-

poids G′ (représenté en lignes ponctuées fig. 2), lequel agit pour amener tous les points de la lame hélicoïdale en contact avec la meule.

L'on embraye alors l'écrou z; le chariot C commence aussitôt à se mouvoir, et la meule, tournant rapidement, se déplace avec lui, allant et venant sur le taillant qu'elle affûte, pendant que celui-ci se déplace en se déroulant suivant les pas de son hélice, sous l'action du contre-poids G′, qui le sollicite à présenter à la meule tous les points de son biseau.

Quand l'ouvrier qui surveille l'opération voit que le morfil est produit sur toute la longueur de la lame par laquelle il a commencé, il passe à l'affûtage de la seconde, et lorsque les trois lames sont ainsi affûtées, il n'a plus qu'à enlever le morfil à la pierre à l'huile, et cela sans démonter les lames.

Boite a caler. Nous avons vu comment les pièces de bois à raboter se fixaient sur la table en fonte ou chariot, lequel est muni à cet effet des griffes fixes v et des griffes mobiles de serrage V; mais quand les bois présentent des reliefs d'une assez forte irrégularité, M. Mareschal interpose entre la table et le bois à corroyer l'appareil spécial dont nous avons parlé et qu'il appelle *boîte à caler*. Cette boîte n'est autre qu'une seconde table en bois H′ (fig. 9 et 10) fixée sur celle en fonte G.

Sur toute la longueur de cette table additionnelle et à des distances très-rapprochées, sont disposées, parallèlement entre elles, un certain nombre de petites languettes en bois h^2, qui peuvent s'élever ou s'abaisser sous l'action de petits coins y, disposés des deux côtés latéraux de la boîte pour agir parallèlement à leur extrémité.

Ces coins y sont reliés deux par deux au moyen d'un petit caoutchouc aux deux bouts de chacune des petites traverses y', qui sont toutes fixées sur une longue tringle en bois y^2, encastrée au milieu du fond, dans le sens longitudinal de la boîte. On peut ainsi, en tirant cette tringle par l'un des bouts extrêmes, faire mouvoir simultanément toutes les petites traverses y' et, par l'intermédiaire des caoutchoucs, faire fonctionner tous les coins y, qui se manœuvrent en dehors, dans le sens de la longueur de la boîte.

Admettons que l'on ait à corroyer un madrier présentant sur ses faces des irrégularités de relief assez importantes.

Pour obtenir une surface bien horizontale, il est urgent que le madrier soit supporté sur le plus grand nombre de points possibles, ce à quoi il est difficile d'arriver avec une table lisse, tandis que la boîte à caler permet de l'obtenir aisément et surtout rapidement.

Il suffit en effet de poser la pièce de bois à raboter sur la boîte H′, de l'y fixer comme à l'ordinaire au moyen de griffes, puis de lever la tringle y^2 dans le sens de la longueur : par le fait de ce déplacement, les petites traverses y' suivent le même mouvement que la tringle, entraînent, au moyen de petits caoutchoucs, les coins y, et ces derniers soulèvent d'une quantité plus ou moins considérable les languettes h^2 jusqu'à ce

qu'elles viennent s'appuyer sur la face inférieure du bois ; à ce moment les caoutchoucs fléchissent, et la tringle y', ainsi que les traverses y, continuent leur course, afin que tous les coins agissent sur les languettes pour les faire appuyer parfaitement sur toute la longueur du bois, quelles que soient d'ailleurs les irrégularités de sa surface.

Le bois, ainsi soutenu sur toute sa longueur, ne présente sur sa surface aucun point qui puisse fléchir, ce qui assure l'horizontalité permanente, le parallélisme constant et le niveau invariable des zones du bois, au fur et à mesure qu'elles se présentent à l'action des lames hélicoïdales.

De là il résulte que, quelles que soient les irrégularités de relief de la face inférieure du madrier en travail, il est attaqué et dressé par les lames hélicoïdales, suivant un plan horizontal invariable.

De sorte qu'à une passe ultérieure et quand les lames travaillent sur la face opposée du madrier, cette deuxième face est rabotée suivant une surface rigoureusement parallèle à la première déjà obtenue.

Il suit de là que, quelle que soit la tendance des bois à tirer à cœur, quelle que soit l'épaisseur du madrier en marche, on obtient une planche d'épaisseur uniforme, à faces toujours parallèles et parfaitement dégauchies.

TRAVAIL ET PRODUIT DE LA MACHINE.

MM. F. Arbey et Cie, cessionnaires du brevet de M. Mareschal, construisent de ces machines de trois dimensions. Les plus petites peuvent corroyer des surfaces de 40 centimètres de largeur et au-dessous ; les secondes des surfaces de 0m650, et les plus grandes de 1 mètre ; mais ce maximum pourrait au besoin être dépassé.

La vitesse imprimée par la poulie L à l'arbre principal de la machine, munie du porte-outil, doit être de 16 à 1,800 tours par minute.

Le diamètre extérieur des lames hélicoïdales est de 0m290 ; par conséquent sa circonférence est de :

$$0^{m}290 \times 31{,}416 = 0^{m}911.$$

La vitesse du taillant est alors, en admettant un nombre moyen de 1,700 tours par minute, de :

$$0^{m}911 \times 1{,}700 = 1{,}548^{m}700.$$

L'avancement du bois dans le même temps est de 4 mètres.

Le rapport existant entre la vitesse du taillant et celle du bois est alors comme ;

$$\frac{1{,}548^{m}70}{4} \text{ ou } :: 387{,}175 : 1.$$

Ce rapport est relativement peu considérable, car dans certaines

machines du même genre, comme celle à plateau rotatif que nous avons publiée dans le vol. X, il est comme :

962 : 1.

Pour cet avancement de la table ou chariot de 4 mètres par minute, sa vitesse est de 12 mètres au retour, puisque, comme nous l'avons vu, il recule avec une vitesse triple (1).

Il faut donc 1 minute 1/3 ou 80 secondes pour corroyer 4 mètres de bois, soit 20 secondes pour 1 mètre ou 3 mètres par minute, non compris le temps employé à fixer les pièces entre les griffes.

La largeur de la table du modèle que nous venons de décrire permet de corroyer des pièces de 0^m65 de largeur, ou deux planches de 0^m30 à 0^m33 chacune ou encore quatre chevrons.

Dans l'un ou l'autre cas en comptant seulement sur une largeur de 0^m60, le travail de la machine serait, par minute, de :

$$3^m \times 0^m60 = 1^{m.q.}800,$$

ce qui produit par heure :

$$1,800 \times 0^m60 = 108^{m.q.}$$

de surface rabotée, et par journée de 10 heures, 1,080 mètres carrés.

On peut admettre que le temps perdu pour changer les pièces et faire le service de la machine est d'environ 1/5 du temps total ; on trouve alors en définitive que cette machine peut produire un travail journalier de :

875 mètres carrés.

Travail considérable, car il est à peu près le double de celui que peuvent produire les meilleures machines en usage ; et si on le compare au travail manuel, on reconnaît que sa production est égale à celle d'environ 90 bons ouvriers, ceux-ci pouvant corroyer, comme on sait, de 8 à 9 mètres carrés au plus dans une journée de 10 heures.

Faisons remarquer maintenant que, quand on a obtenu, à l'aide de la table mouvante de la machine, une certaine quantité de planches parfaitement dégauchies sur une face, et que l'on fait la deuxième face, qui doit être parallèle à la première, on obtient ce résultat au moyen du système continu, c'est-à-dire que l'on rend la table fixe, et que les pièces de bois sont attirées par le cylindre alimentaire sous l'outil qui les tire d'épaisseur. Dans ce cas, disons-nous, le travail se fait sans aucune perte de temps, à raison de :

4 mètres à la minute.

(1) Dans les grands modèles plus lourds la vitesse n'est que doublée ; ce n'est du reste qu'une question de rapport de diamètre entre la roue N et son pignon N'.



Pour les chevrons, on corroye les deux faces d'équerre au système alternatif, et on fait les deux autres faces au système continu.

Disons en terminant que ce système a fait ses preuves. La première machine a été livrée par l'inventeur depuis plus de deux ans chez M. Balutet, entrepreneur de charpente, quai de la Gare, à Paris.

Le ministre de la marine fit l'acquisition de la seconde en 1862 pour le port de Cherbourg, et il vient tout récemment d'en commander deux semblables pour le port de Brest.

Nous citerons encore comme acquéreurs : M. Arman, constructeur de navires à Bordeaux ; M. Vanloo, ébéniste à Paris ; la maison Pleyel, Wolf et Cie, facteurs de pianos ; M. Bord, également facteur de pianos ; M. Mercier, constructeur de machines à Louviers ; MM. Gonzalès et Cie, à Cadix ; MM. Pinuella et Cie, de Madrid, et MM. Houget et Teston, de Verviers (Belgique).

Ce système est donc passé dans la pratique, et tout fait présumer qu'il sera généralement adopté dans tous les grands établissements qui travaillent le bois.

MACHINE A LAVER LES TISSUS

PAR MM. WITZ ET BROWN

Dans le vol. XIV de ce Recueil nous avons donné la description détaillée et le dessin, pl. 26, d'une machine à laver, de l'invention de MM. Witz et Brown; cette machine, qui depuis l'époque de sa publication n'a subi que quelques modifications de peu d'importance, vient de faire le sujet d'un rapport très-intéressant présenté par M. E. Engel à la société industrielle de Mulhouse.

Sans entrer dans de nouveaux détails sur la construction de cette machine, puisque nous en avons déjà donné le dessin, nous croyons intéresser plusieurs de nos lecteurs en extrayant de l'excellent mémoire de M. le Rapporteur la partie qui traite de son installation et de son rendement, comparativement aux machines généralement en usage dans les fabriques.

On doit se rappeler que la machine doit être posée, soit sur un cours d'eau, soit sur une cuve en bois, soit sur un bassin en maçonnerie ; un rouleau plongeur tourne librement dans l'eau, sollicité par le mouvement seul de la pièce dont il guide l'entrée dans les *battants* de la machine ; un râteau incliné

fixé devant ledit rouleau, la retient et empêche ses plis de s'emmêler; un rouleau de renvoi, commandé par une courroie, la dispose vers la partie supérieure du râteau. Le fond du bassin est incliné en sens opposé de ce dernier, pour faciliter l'entraînement par l'eau des résidus enlevés par le lavage.

Les pièces nouées ou cousues bout à bout entrent dans la machine par un rouleau d'appel, passent entre le cylindre principal et le cylindre de pression, puis sur le rouleau de renvoi, et viennent tomber sur le râteau qui doit, à cet endroit, dépasser le niveau de l'eau; leur propre poids les entraîne au fond, le long du plan incliné. Elles passent alors sous le rouleau plongeur et sont tirées par les cylindres entre les joints et les traverses où elles sont fortement secouées et battues.

Elles font ainsi vingt fois le circuit à travers l'eau, les battants et les cylindres, et sortent enfin par le rouleau d'appel, pour être disposées régulièrement sur une table ou sur un chariot par un plieur mécanique.

Quand la machine est placée sur une cuve ou sur un bassin, l'alimentation de l'eau se fait à l'arrière et du côté de la sortie des pièces sur une margelle qui occupe la moitié de la longueur du bassin, et à travers une planche percée de trous; la sortie des eaux chargées a lieu à l'angle opposé diagonalement, par une petite vanne qu'on règle de manière à conserver un niveau constant; le mouvement de l'eau se fait en sens inverse de la marche des pièces.

M. Cordillot a apporté une heureuse modification dans la construction du bassin, il l'a partagé, dans sa longueur, en quatre compartiments non étanches par des cloisons en bois, qui laissent autour du rouleau plongeur assez d'espace pour permettre à l'eau de passer d'un compartiment dans l'autre. Comme l'alimentation n'a lieu que par les deux premiers et du côté de la sortie, l'eau de ceux-ci reste toujours plus propre que celle des deux autres, et les pièces trouvent, à mesure qu'elles se débarrassent de leurs résidus, une eau de plus en plus limpide, ce qui fait qu'elles se dégorgent mieux.

Une avance d'environ trois mètres est laissée à la pièce sur le râteau entre chaque passage à travers les cylindres, et, l'appel de ceux-ci étant très-régulier, cette avance se maintient parfaitement pendant toute la durée de l'opération. La pièce n'est donc jamais tendue entre les cylindres et le rouleau plongeur; elle ouvre facilement ses plis, se charge de beaucoup d'eau et suit, sans se fatiguer, tous les mouvements qui lui sont imprimés par l'appareil de battage. Aussi peut-on très-bien se servir de cette machine pour laver des tissus très-légers, les organdis unis, par exemple, sans les fatiguer et les érailler, ce qu'on n'était pas parvenu à faire avec la plupart des machines à laver continues, telles que les clapots, les traquets, etc.

Pour arriver à ce résultat, il faut avoir soin d'écarter les uns des autres les joues des batteurs, de manière à diminuer les chocs contre ces plans fixes, et à ne produire qu'un mouvement oscillatoire de la pièce dans l'eau. Une manœuvre contraire devra avoir lieu pour les tissus forts et ceux très-chargés de résidus; on rapprochera les joues pour augmenter l'effet des chocs.

En général, l'expérience a démontré que pour le bon fonctionnement de la machine les conditions suivantes sont indispensables :

1° Le niveau de l'eau doit être élevé au-dessus du rouleau plongeur, dans le double but de faciliter l'ouverture des plis de la pièce, ce qui se produit d'autant plus complétement que la nappe d'eau à traverser est plus épaisse, et de

rapprocher le niveau de l'eau du battage, afin que celui-ci s'effectue en présence de la plus grande quantité d'eau possible.

2° Le cylindre supérieur doit être, dans tous les cas, équilibré selon la nature du tissu, de façon à ne pas trop écraser la pièce; autrement les plis, laminés entre les deux cylindres, ne s'ouvrent plus dans le bassin et retiennent les impuretés qui s'y trouvent engagées.

3° Le meilleur écartement des joues pour les tissus, tels que jaconats, calicots, croisés, est de $0^{m}17$; les organdis seuls nécessitent un écartement plus considérable.

4° Pour produire un appel doux et régulier, tout en donnant peu de pression, il est nécessaire d'entourer les cylindres de cordes en coton dont chaque spire doit être fortement serrée contre la précédente.

La vitesse la plus convenable à donner est de 65 tours du grand cylindre par minute, ce qui fait par heure un développement de 7,347 mètres. Ce n'est cependant pas là la production réelle de la machine, et il convient, en pratique, de n'estimer celle-ci qu'à 6,000 mètres par heure; et comme, pour dégorger les pièces à fond et les débarrasser de tous les résidus de garance qui y adhèrent, il faut les passer trois fois par la machine, la production réelle de celle-ci pour un lavage complet, se réduit à 2,000 mètres par heure.

La roue qui commande le mouvement du battage a une vitesse de 161 tours, ce qui produit 322 coups de battant par minute, ou 2,6 coups par mètre de tissu; et comme la pièce passe 20 fois sous les cylindres, chaque mètre reçoit 52 coups avant de sortir de la machine.

La quantité d'eau dont on peut disposer est évidemment, pour toutes les machines à laver, d'une grande influence sur le résultat obtenu, et en général chaque machine lave d'autant mieux que la quantité d'eau dont on l'alimente est plus grande. Aussi les machines continues sont-elles dans les meilleures conditions possibles quand elles sont placées sur des cours d'eau dont le courant enlève, à mesure qu'elles se détachent de la pièce, les matières étrangères dont elle est chargée.

Mais comme on ne peut pas toujours se mettre dans des conditions aussi favorables, et que le plus souvent il arrivera que les machines qui nous occupent seront placées sur des bassins qu'on alimentera par un réservoir supérieur ou directement par une pompe spéciale, il convient de déterminer la quantité d'eau nécessaire pour produire un résultat satisfaisant. MM. Huguenin-Schwartz et Conilleau, qui ont fourni une grande partie des renseignements contenus dans ce rapport, et chez lesquels une machine Witz et Brown fonctionne depuis dix-huit mois, évaluent cette quantité à 18 ou 20 mètres cubes par heure, soit environ 1 mètre cube par pièce de 100 metres.

Quant à la force motrice absorbée par la machine pour les vitesses indiquées plus haut, elle est d'environ 4 chevaux; un peu plus pour les tissus forts, cretonnes, piqués, etc., un peu moins pour les jaconas, les organdis, etc.

Le service de la machine exige en personnel un homme à 2 fr. par jour, et un à 1 fr. 50 c. en tout 3 fr. 50 c. pour 200 pièces de 100 mètres, ou 0 fr. 018 par pièce.

Son prix est de 4,250 fr., non compris le plieur mécanique.

MM. Ducommun et Ce, constructeurs à Mulhouse, sont concessionnaires du brevet des inventeurs.

M. le Rapporteur termine son travail par la comparaison de cet appareil, avec les machines à laver les plus généralement employées dans les établissements de l'Alsace, telles que les roues à laver; les clapots simples et à lanières et les traquets de diverses dispositions.

Roues à laver. — Ce mode de lavage employé encore dans beaucoup d'établissements, a l'avantage de dégorger énergiquement les tissus; cependant, nous devons en signaler quelques inconvénients, et en première ligne le manque de continuité dans le travail. Ensuite, les pièces dépassant un certain volume, remplissent trop les compartiments, et le lavage se fait mal; agitées qu'elles sont dans tous les sens, elles se tordent et s'emmèlent dans certaines de leurs parties, au point de n'y plus laisser pénétrer l'eau, et le lavage en souffre nécessairement; on comprend facilement que des pièces sortant d'un bain acide et lavées dans de pareilles conditions seraient gravement compromises. De plus, le frottement produit contre les parois des compartiments feutre les tissus et en développe le duvet qui, pour beaucoup d'artistes, est très-nuisible à la plénitude et à la vivacité des nuances. La production de ces machines est d'ailleurs très-limitée et ne peut guère être évaluée, lorsqu'il s'agit de pièces garancées, qu'à 250 mètres par heure, chaque pièce devant y passer deux fois pour être bien lavée.

La quantité d'eau nécessaire au lavage par roue est de 150 litres par minute ou 9 mètres cubes par heure pour 250 mètres ou $3^{m}36$ par 100 mètres.

Le service de 5 roues produisant 12,500 mètres par jour, exige 7 hommes à 1 fr. 75 c. = 12 fr. 25 c., soit par pièce de 100 mètres, 0 fr. 098.

On voit donc que ce mode de lavage, outre les inconvénients signalés plus haut, est encore très-dispendieux.

Clapots. — Le clapot est sous le point de vue de la production économique, beaucoup plus avantageux que les roues, mais le lavage en est plus imparfait, et il est impossible d'y faire passer les tissus très-forts à côtes, comme les reps et les piqués, sans les érailler.

Les pièces nouées bout à bout passent un certain nombre de fois, entre deux cylindres en bois et autour d'un rouleau plongeur; mais elles sont toujours tendues fortement et ne peuvent pas ouvrir leurs plis dans leur passage dans l'eau; elles ne sont, en outre, dans le clapot ordinaire, soumises à aucun choc et ne se débarrassent que fort difficilement de tous leurs résidus ligneux.

Le clapot à lanière nettoie mieux; des bandes de cuir, fixées par un bout sur un cylindre parallèle au cylindre principal et ayant leur autre bout libre, fouettent les pièces dans leur passage sur ce dernier; mais celles-ci sont alors débarrassées d'une grande partie de l'eau qu'elles avaient entraînée, elles sont tendues et ne présentent qu'une petite partie de leur surface à l'action directe du choc; aussi ce lavage est-il loin d'être complet, même opéré trois fois sur les mêmes pièces. Cette machine rend néanmoins de bons services dans le blanchiment et dans la teinture chaque fois qu'il s'agit de laver des pièces qui ne tiennent pas de matières insolubles.

Traquets. — Dans plusieurs établissements de l'Alsace, le rinçage des pièces au sortir des cuves de teinture se fait sur des traquets fonctionnant à la continue, et dont la mission est d'enlever le plus gros des impuretés avant le passage aux roues. Ce lavage a l'avantage d'ouvrir les plis et de ne pas tendre la pièce, mais on lui reproche de ne pas être assez énergique.

MM. Dollfus-Mieg et Cie emploient depuis longtemps un traquet continu, d'une construction particulière, et qui leur donne de bons résultats.

Cette machine se compose de deux traquets à quatre pans, placés obliquement l'un au-dessus de l'autre et commandés par un même arbre incliné.

Les pièces y entrent par des rouleaux de renvoi qui les disposent dans l'eau sous le premier traquet; celui-ci les tire en les fouettant et les porte au second traquet qui agit de même, après quoi elles repassent de nouveau par les rouleaux de renvoi.

On donne une avance de quelques mètres après chaque passage des pièces autour des traquets; des compartiments à claire-voie, établis dans le ruisseau, les empêchent de s'emmêler; un rouleau d'appel les attire après leur dernier passage dans l'eau et les livre à un plieur mécanique.

Cette machine produit un bon travail, fournit autant que la machine Witz et Brown, et ne demande pas plus de main-d'œuvre; cependant elle est, en certains points, inférieure à cette dernière. D'abord l'appel de la pièce est moins régulier par un traquet que par une paire de cylindres; aussi la pièce reste-t-elle souvent en retard dans certains compartiments, les plis se tendent, et comme il n'y a pas de rouleau plongeur, elle ne passerait même plus dans l'eau si l'ouvrier ne la retenait avec un crochet pour lui rendre l'avance qu'elle a perdue.

Ensuite le battage de la pièce est limité par la vitesse même de cette dernière; chaque tour de traquet tire la pièce d'une longueur égale à son pourtour et lui donne quatre coups. Dans la machine nouvelle la vitesse du battage est indépendante de celle de la pièce, et on peut l'accélérer autant que le permet la stabilité même de la machine.

Enfin, le traquet supérieur reçoit la pièce quand celle-ci est déjà dégagée de la plus grande partie de l'eau qu'elle avait entraînée.

L'irrégularité du tirage produisant nécessairement un frottement de la pièce sur les angles du traquet, est cause qu'on ne peut s'en servir que pour les tissus forts. Quelques modifications apportées dans sa construction le mettront, du reste au rang des meilleures machines à laver.

Nous ne comparerons pas la machine Witz et Brown à la table à battre et au foulon, parce que ces appareils sont depuis longtemps abandonnés dans les établissements.

En résumé, ajoute le Rapporteur, la machine à laver de MM. Witz et Brown a été combinée avec une parfaite connaissance du problème qu'il y avait à résoudre, et elle est réellement pratique et donne un lavage supérieur à celui des autres machines du même genre employées jusqu'ici en Alsace, tout en consommant une moindre quantité d'eau, et en exigeant une main-d'œuvre inférieure.

FABRICATION DES POTERIES

MACHINE A MOULER LES PATES CÉRAMIQUES

PAR M. FRANÇOIS DURAND

CONSTRUCTEUR-MÉCANICIEN A PARIS

(PLANCHE 30)

Cette machine, récemment imaginée par M. Durand, a pour but de résoudre l'intéressant problème du *moulage mécanique* des pâtes céramiques, problème cherché depuis longtemps par divers inventeurs, dans la fabrication des plats, des assiettes, et autres pièces, de forme régulière, dites de *creux* ou de *platerie*. Elle se distingue, comme on le verra plus loin, non-seulement par la disposition générale de son mécanisme et de son plateau tournant, mais encore et tout spécialement par l'application de deux membranes de *caoutchouc* interposées entre la pâte et le moule métallique, application importante à laquelle on doit, sans nul doute, tout le succès de l'appareil.

Pour bien comprendre le mérite d'une telle machine, nous croyons utile d'entrer dans quelques détails sur les opérations préliminaires qui constituent le *façonnage des pièces* en pâtes céramiques. Le rapide examen que nous allons donner des procédés actuellement en usage, facilitera la comparaison du nouveau moyen que nous décrirons ensuite, et permettra d'en mieux apprécier les avantages.

Avant le façonnage des pièces il y a, comme on sait, la formation des pâtes, qui comprend leur composition ou état chimique en matière plastique, et la fabrication de ces matières au moyen de lavage, de broyage, d'aérage, de battage et de pétrissage, toutes opérations destinées à donner à la masse la plus grande homogénéité possible. Sans nous arrêter ici sur les différentes manipulations qui ont été parfaitement décrites dans l'excellent *Traité de céramique*, de M. A. Brongniart (1),

(1) *Traité des arts céramiques ou des Poteries*, par M. A. Brongniart, 2e édition revue, corrigée et augmentée de notes, par M. A. Salvetat, ingénieur-chimiste à la manufacture impériale de Sèvres et professeur du cours de céramique à l'École centrale des arts et manufactures.

nous pensons qu'il peut être de quelque intérêt, de montrer, d'après cet important ouvrage, les procédés généraux de l'art de façonner.

Ces procédés, suivant l'auteur, peuvent se réduire aux quatre suivants :

Le tournage, le moulage, le coulage, le rachevage.

« L'ébauchage des pièces, de forme ronde, se fait ordinairement sur un tour à axe vertical; à la partie inférieure, cet axe porte un volant que l'ouvrier met en mouvement avec le pied. Lorsque le tourneur veut ébaucher sa pièce, il prend une masse humide de pâte proportionnée aux dimensions que doit avoir cette pièce, il la met sur le tour, mouille ses mains avec de la barbotine, et amène graduellement la pâte à prendre la forme voulue. Le moulage diffère de l'ébauchage, en ce qu'il suppose un moule ou appui sur lequel la pâte céramique doit être appliquée pour en prendre la forme. Suivant l'objet que l'on veut mouler, le moulage se fait à la balle, en croûte ou en housse.

« Le *moulage à la balle* se fait en préparant à la main de petites balles de pâte que l'on imprime fortement dans l'une des coquilles du moule, puis on applique les deux coquilles l'une contre l'autre, en les serrant fortement; l'excès de la pâte se rend dans une rigole qui borde la pièce.

« Le *moulage à la croûte* consiste à préparer au rouleau, sur une toile ou une peau mouillée étendue sur une table de pierre dure, une croûte ou lame de pâte bien égale de densité et d'épaisseur, destinée à prendre sur le moule la forme de la pièce. Alors, soulevant cette croûte à l'aide de la peau, on l'applique sur la convexité du noyau en plâtre de la pièce que l'on veut mouler, et on recouvre ce noyau avec le moule creux qui doit donner l'extérieur de la pièce.

« Le *moulage à la housse* est la combinaison de l'ébauchage par le tour et du moulage, c'est le plus convenable aux pâtes délicates, c'est-à-dire celles qui sont plus susceptibles de manifester les inégalités de pression de l'ébauchage et du moulage; il consiste donc en deux opérations s'exécutant l'une et l'autre par le tourneur. Dans la première, le tourneur ébauche sa pièce comme s'il devait la faire sur le tour, et il tâche d'atteindre, le plus possible, la forme extérieure et en partie l'épaisseur de la pièce. Cette opération faite, il prend la pièce, la *housse*, encore molle, et la plaçant dans un moule de plâtre creux, mais nécessairement simple et à large ouverture, il applique sa housse avec une éponge contre les parois du moule et lui en fait prendre intérieurement la forme exacte.

« Le moulage, quel qu'il soit, d'une pâte quelconque, ne peut s'opérer sans pression; celle-ci s'opère à *la main* ou à *la presse*. La *balle*, la *croûte* ou la *housse*, doivent être pressées sur les moules avec le plus d'égalité possible. La main et les doigts suffisent dans quelques cas, en prenant la précaution d'interposer un linge entre la pâte et les mains pour éviter l'adhérence qu'elle est disposée à contracter avec elles.

« Le *démoulage* ne s'opère que lorsque le moule a acquis assez de solidité pour ne pas se déformer par son propre poids.

« Le façonnage ou moulage par *coulage* ne s'applique qu'aux pâtes suffisamment plastiques et déjà anciennes, ou au moins douées des qualités que lui donne l'ancienneté par l'addition d'environ moitié de son poids de *tournassure* (1).

(1) On appelle ainsi les copeaux qui résultent de l'achevage des pièces tournées.

Ce procédé n'est employé que pour mouler des plaques et des objets creux, telles que tubes, cornues, vases à une seule ouverture.

« Le *rachevage* comprend une série d'opérations variables suivant la nature des pièces. Celles-ci, ébauchées sur le tour à axe vertical, sont terminées et polies sur un tour semblable ou sur un tour à axe horizontal, dits *tours en l'air,* au moyen d'outils d'acier ou *tournassins*.

« C'est en tournassant la pâte lorsqu'elle conserve encore un degré d'humidité qui permet de la couper en copeau sans la réduire en poussière, que l'on forme sur les pièces les moulures saillantes, les filets, les gorges, etc., qu'aucune sorte de moulage n'a pu donner jusqu'ici. »

Ces divers moyens de façonnage dont nous venons de donner une idée sont parfaitement connus et usités dans les arts céramiques, et nous ne les avons rappelés que pour mieux faire ressortir les complications, les soins, l'habileté et le temps que nécessitent ces manipulations.

Nous allons maintenant revenir sur l'importante question du *moulage mécanique*, qui a pour but, principalement dans la fabrication des assiettes et autres plateries, la suppression des moules en plâtre, d'un usage si dispendieux dans les fabriques à cause de leur peu de durée, et l'achèvement de la pièce à la sortie du moule, après quelques instants de séchage, au moyen d'un léger tournassage.

Moulage mécanique au moyen de presses. — La pression a été proposée souvent comme moyen plus économique et plus rapide pour la dessiccation et le moulage des pâtes céramiques. De nombreux essais ont été tentés également pour la fabrication de la porcelaine à sec, à l'aide de moules huilés ou graissés et soumis à l'action de la presse hydraulique ou autre.

« Quoiqu'il parût au premier aperçu, dit M. Brongniart, qu'il était facile d'obtenir d'une bonne machine une pression égale, on a trouvé à la pratique qu'il était, au contraire, très-difficile de réunir les conditions d'une bonne presse avec celles qui sont nécessaires pour que la pâte ne fuie pas sous la pression, ou que l'eau qu'elle renferme soit également exprimée de toutes les parties de la masse. En sorte qu'on n'a pu jusqu'à présent obtenir par ce procédé que de très-petites pièces souvent altérées par des gerçures, des fuites, des relèvements de leurs bords, etc.

Quoi qu'il en soit, les principes qui paraissent avoir dirigé tous les moulages à la presse ont été de faire usage de pâtes presque sèches, même pulvérentes, de telle sorte que la pression n'avait d'autre action à exercer que de rapprocher le plus possible les parties, de manière que la cuisson n'ait plus qu'à compléter ce rapprochement. Il ne faut pas que la pression ait, en outre, à chasser l'eau interposée entre les parties d'une pâte molle, car, à cette expulsion, qui ne peut presque jamais se faire également dans toutes ces parties, s'ajoute la difficulté de savoir où diriger cette eau expulsée. On avait donc presque renoncé au moulage à la presse mécanique des pâtes molles.

On essaya en 1809, à la manufacture de Sèvres, un système de moulage à la presse des pâtes sèches. Ce système, dû à M. Potter, consistait dans une presse dont l'arbre portait une vis traversée par une barre de 4 centimètres environ, mue par deux hommes; cet arbre était terminé par un plateau



auquel adhérait un billot de bois. La pâte, réduite en poudre fine, était placée entre deux moules, en fer ou en cuivre, renfermés dans un anneau ou forte virole en fer, doublée de cuivre en dedans; un tampon en cuivre d'un diamètre égal à celui de la virole, portait en dessous la pièce supérieure du moule; un plateau de bois était sous la pièce inférieure du moule, présentant le creux du bas-relief à mouler; elle portait une plaque de fonte encastrée dans l'établi.

Les pièces de porcelaine, moulées par ce procédé, sortaient nettes et sans gerçures, mais tous les médaillons ainsi moulés, et qui ont passé au grand feu, se sont plus ou moins gauchis; quoique n'ayant pas plus de 6 ou 7 centimètres de diamètre, ils étaient déjà trop grands pour réussir par cette méthode.

Parmi les procédés de moulage mécanique qui ont reçu quelques applications, M. Brongniart cite encore le système de M. Matelin (1). La presse en elle-même, dont faisait usage cet inventeur, ne présentait rien de particulier, c'était un balancier à vis ou une presse à levier, qui, l'un ou l'autre, était disposé pour que le piston descendit, bien perpendiculairement, sur le plateau muni du moule dans lequel se plaçait la pâte à façonner.

C'est ce moule seul qui présentait de l'intérêt. Pour les assiettes, plateaux, etc., les deux moules, l'inférieur ou le creux, et le supérieur ou le saillant étaient en cuivre jaune; le premier était placé sur une plaque de fonte ou *tas* ouvert, dans son milieu, sur la table de la presse également percée d'une ouverture correspondante à celle du tas. Ce moule était fixé par deux bras en fonte sur la table, de façon à ce que son centre soit bien assujetti dans l'axe du piston de la presse. On plaçait sur le moule une pièce mince en cuivre jaune, nommée *capsule*, épousant exactement la forme du moule; cette capsule était destinée à recevoir la croûte de pâte qui avait reçu, par les moyens connus, le diamètre et l'épaisseur convenable. On attachait avec des vis, sous l'épatement du piston, l'autre moitié du moule, également en cuivre, et on graissait, avec de l'huile de térébenthine, l'intérieur de la capsule et la surface du moule supérieur.

Tout étant ainsi préparé, on descendait lentement le moule supérieur, et quand on était assuré qu'il entrait sans obstacle dans le collier, on le relevait et on le descendait avec une force, et avec des récidives de forces proportionnées à celles de la pression que l'on voulait faire subir à la pâte.

Le moulage achevé, il fallait retirer la pièce du moule. On ne pouvait le faire avec les mains, car on la déchirait, ou tout au moins on la déformait. C'était pour éviter ces inconvénients que la capsule en cuivre mince, dont il a été question plus haut, était interposée entre le moule inférieur et celui supérieur. On emportait la pièce en prenant la capsule par-dessus. Pour cela il fallait la faire sortir du collier; ce résultat était obtenu soit en la soulevant au moyen d'une

(1) En 1816 un brevet d'invention a été demandé en France par MM. Denière-Matelin et Mariotte à Paris, pour des machines propres à fabriquer divers objets, tels que carreaux de diverses formes en terre cuite coloriée par les ondes métalliques, etc. (publié dans le vol. IX des brevets expirés sous l'ancienne loi).

Un autre brevet a été pris au nom de Mme Matelin, le 20 janvier 1837, pour la *fabrication de la poterie par compression*. Ce second brevet publié dans le tome LXXVII des brevets expirés, a pour objet des perfectionnements et des modifications à la machine brevetée en 1816, afin de la rendre propre au moulage de toute espèce de vases, soit en terre de faïence, soit en pâte de porcelaine, et qui, jusque-là, avaient été faits au tour ou moulés dans des creux en plâtre, ou composés de pièces rapportées.

espèce de selle ou de plateau, qui s'élevait de dessous la table de la presse, soit par des crochets liés avec le levier de celle-ci et qui soulevaient la capsule lorsque, après la pression, le mécanicien relevait ce levier. »

Nous pouvons encore citer comme tentative du moulage à la presse, le brevet pris par M. P. L. Jullien, à Paris, le 3 février 1834, *pour des procédés servant à fabriquer les porcelaines et faïences à sec, au moyen de moules en différents métaux*. Ces procédés, dont on peut voir la description dans le vol. XXXIII des *Brevets expirés*, paraissent avoir beaucoup d'analogie avec celui de M. Potter.

M. P. Delpech, à Cahors, s'est aussi fait breveter, en 1838, le 14 août, *pour une presse propre à la confection des poteries et porcelaines*. Cette presse, destinée à estamper des disques en terre appelés croûtes, entre deux coquilles de moule, est une vis de pression ordinaire, montée sur une pièce de fer, recourbée à ses deux extrémités en forme de double équerre. Le moule se compose de deux coquilles en plâtre, superposées, et laissant, au centre de leur jonction, un creux égal à la pièce que l'on veut estamper.

Mentionnons aussi, parmi les industriels qui se sont occupés du moulage mécanique, MM. Pillivuyt, Dupuis et Cie. brevetés en France, le 18 juin 1855, *pour un mode de fabrication des articles de porcelaine blanche et colorée, unie ou ornementée, par la pression mécanique*.

Ces inventeurs paraissaient avoir bien compris la question, car dans le mémoire annexé à leur demande de brevet (1), après avoir décrit les procédés manuels en usage et rappelé les divers essais de procédés mécaniques, ils ajoutent : On n'a pu parvenir, malgré toutes les combinaisons de soupapes, de tampons absorbants avec leurs trous, à empêcher l'emprisonnement de l'air par l'effet de la pression dans les objets fabriqués, et leur boursouflement par la cuisson.

L'appareil qu'ils proposent, pour parer à ces inconvénients, consiste en un moule formé de trois parties distinctes, s'ajustant les unes sur les autres. Ce moule doit être en matière absorbante, de plâtre, par exemple. La première pièce, formant le bas du moule, doit avoir la configuration de l'assiette posée à plat. Sur ce pied du moule vient se poser la seconde partie appelée *bague*, présentant, sur l'épaisseur du bord intérieur, deux plans inclinés en sens inverse, qui se réunissent au milieu par une arête ménagée exprès pour que, dans l'action de la pression, la matière semi-fluide ne puisse remonter et s'échapper du moule.

Enfin, sur cette bague s'ajuste exactement la troisième partie, le *chapeau*, qui, présentant la forme de l'assiette en relief, vient s'appuyer sur l'arête de la bague, de façon à ne laisser entre les trois pièces que l'épaisseur de l'assiette qu'on veut obtenir. La pâte céramique est versée semi-liquide, non pas directement dans ce moule absorbant, mais sur une *toile* qui intercepte tout contact immédiat, et par suite toute adhérence. Le chapeau qui exerce la pression au moyen d'une presse quelconque est aussi garni de toile dans le même but.

Pour opérer par ce système, on commence par recouvrir la partie inférieure du moule de ladite toile, découpée selon sa forme, et dépassant les bords, pour pouvoir le soulever avec l'objet comprimé, sans soubresaut et sans déformation. Ensuite, on pose la seconde partie du moule ou la bague, qui fixe, en la retenant par ses bords, la toile interposée; puis enfin, connaissant la

(1) Ce mémoire est publié dans le vol. XLVI des brevets d'invention pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844.

capacité du moule et la dimension, comme étendue et comme épaisseur de l'objet à fabriquer, on verse une quantité déterminée de pâte semi-liquide, que l'on fait s'étendre également sur la surface du moule, en imprimant à celui-ci un léger mouvement de va-et-vient incliné. Sur la bague on ajuste le chapeau, dernière partie du moule, portant en relief la configuration intérieure de l'objet de fabrication, et recouvert de toile, et on soumet le tout, comme il a été dit, à l'action de la presse.

Parmi les brevets plus récents demandés en France pour ce qui a trait au moulage des pâtes céramiques, nous n'avons trouvé que celui de M. Jobson, manufacturier anglais, du 22 novembre 1860. Cet inventeur propose de faire le chapeau portant l'empreinte intérieure, c'est-à-dire le poinçon mouleur qui exerce la pression, en plusieurs pièces concentriques, de façon à rendre ces pièces extensibles au moyen de ressorts; quant au bord extérieur, afin que ce bord rende facile la sortie du chapeau quand, le moulage achevé, il remonte sous l'action de la vis ou du levier qui l'a fait descendre pour exercer la pression.

Il nous reste maintenant à faire connaître en détails les dispositions spéciales des machines à mouler imaginées par M. F. Durand pour faire entrer dans le domaine de la pratique ce procédé de façonnage, resté, jusqu'à cette époque, à l'état d'essai, malgré les diverses tentatives dont nous venons de donner une idée générale.

La partie essentielle et nouvelle qui forme la base du système de moulage de ce constructeur, et qui donne l'explication du succès qu'il a obtenu sur ses devanciers, réside, comme nous l'avons dit, dans l'application entre le fond du moule et aussi sur le poinçon-mouleur ou contre-matrice, d'une feuille de *caoutchouc* qui empêche l'adhérence de la pâte dans le moule tout en *assurant l'opération du démoulage.*

Ainsi, dans ce système, la pâte molle préparée par les moyens en usage est placée, sous forme de galette ou croûte, entre deux disques en caoutchouc de faible épaisseur, d'un diamètre sensiblement plus grand que le moule, puis présentée dans cet état au-dessus et bien dans l'axe du moule en fonte de fer ou autre métal, qui porte en creux la configuration de l'assiette, du plat ou de tous autres vases qu'il s'agit de mouler. On fait alors descendre le poinçon-mouleur, dont l'extérieur est tourné suivant la forme intérieure, correspondante à celle du moule.

La pâte, emprisonnée entre les deux disques en caoutchouc, reçoit ainsi la pression; et le poinçon se relève ensuite, se détachant naturellement du caoutchouc qui ne lui offre aucune adhérence, et laissant dans le moule la pièce moulée. Son démoulage s'effectue avec autant de facilité, car il y a également, un disque en caoutchouc interposé entre le fond du moule et la pâte, et comme le disque est d'une plus grande dimension que le moule, il présente en saillie un rebord au moyen duquel on enlève aisément et rapidement la pièce moulée, que l'on retire ensuite sans difficulté d'entre les deux caoutchoucs.

En principe, la pression du poinçon-mouleur peut être exercée par

l'intermédiaire d'un balancier à vis ou d'une presse à levier, mais l'auteur préfère, comme plus rationnelle, la machine à mouvement continu représentée sur la pl. 30, laquelle agit, au moyen d'une manivelle et d'une bielle, comme les machines à mortaiser le bois et les métaux, dont elle présente du reste, au premier aspect, comme on peut le remarquer, les principales dispositions. Seulement, M. Durand a ajouté à ce genre de machine un mécanisme particulier très-ingénieux, qui fait mouvoir, d'une façon automatique, un plateau tournant destiné tout spécialement au service du moule.

A cet effet, ce plateau est muni de six ouvertures que l'on recouvre des caoutchoucs munis de leur croûte de pâte et qui viennent se placer alternativement au-dessus du moule. Le plateau s'y arrête, y dépose la croûte de pâte, puis, lorsque le poinçon-mouleur a exercé la pression, il se trouve soulevé de façon à opérer le démoulage de la pièce; il tourne ensuite d'un sixième de tour, afin de présenter une nouvelle croûte à l'action du poinçon, et ainsi de suite, sans interruption dans la continuité du mouvement, et par suite du travail de la machine.

M. Durand a, du reste, appliqué ce système de plateau tournant, à mouvement automatique, à un balancier qui, comme la machine continue que nous allons décrire, donne de très-bons résultats pratiques.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A MOULER

REPRÉSENTÉE PL. 30.

La fig. 1 représente la machine vue de face, en élévation;

La fig. 2 en est une projection latérale vue du côté des transmissions;

La fig. 3 est un plan horizontal du plateau tournant et du bâti, coupé à la hauteur de la ligne 1-2 de la fig. 2.

La fig. 4 montre en détails le mécanisme de transmission qui opère le soulèvement de la plaque tournante destinée au service de la presse.

La fig. 5 est une section horizontale du porte-poinçon mouleur et de ses guides, vus en dessous.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/8 de l'exécution.

La fig. 6 représente sur une plus grande échelle, en section verticale, les moules inférieurs et supérieurs détachés, et le disque de pâte destiné à la confection de l'assiette, maintenu entre eux.

La fig. 7 montre les deux moules rapprochés, et la pâte comprimée entre les deux membranes en caoutchouc.

Dispositions générales. — Comme on peut le voir par l'inspection des fig. 1 et 2, l'aspect de cette machine est celui d'une machine à mortaiser, et, en effet, le mouvement vertical de va-et-vient du poinçon mouleur est le même que celui du porte-outil qui burine ou mortaise.

Le bâti A est fondu d'une seule pièce avec les deux bras *a*, qui servent

de guides au porte-poinçon B. Celui-ci n'est autre qu'une barre de fer de section rectangulaire au milieu, dressée sur ses faces et taillée vers ses extrémités *b*, du côté du bâti, suivant deux plans angulaires, de façon à s'ajuster avec plus de précision pour glisser dans les deux guides *a*, lesquels sont rabotés intérieurement en creux, suivant des angles correspondant aux saillies ménagées à la tige B. Des chapeaux en fonte *a'*, serrés par quatre écrous, complètent l'ajustement de ces guides.

Vers le guide supérieur, le constructeur a ménagé à la tige du porte-poinçon une ouverture rectangulaire destinée à recevoir la pièce en fer *c* forgée avec le boulon *c'*, sur lequel vient s'appliquer la bielle motrice C, qui transmet le mouvement alternatif de va-et-vient au porte-poinçon.

Afin de varier la hauteur du poinçon-mouleur par rapport au moule, l'ouverture dans laquelle la pièce *c* est ajustée est assez haute pour permettre un certain déplacement dans le sens vertical, au moyen de la vis *d* (fig. 1 et 5), que l'on actionne à l'aide du volant à main D.

La bielle C reçoit le mouvement de la manivelle E, calée à l'une des extrémités de l'arbre F, qui est engagé dans deux renflements ménagés de fonte au bâti pour le recevoir. L'autre extrémité de cet arbre est munie de la roue d'engrenage E', qui engrène avec le pignon *e* claveté sur l'arbre moteur F'. Celui-ci, également supporté par le bâti, au moyen de renflements venus de fonte et alésés à cet effet, reçoit le mouvement du moteur par la poulie fixe P, à côté de laquelle est montée la poulie folle P'. Près de la première est claveté le volant régulateur V.

Le déplacement de la courroie de la poulie fixe sur la poulie folle, et *vice versa*, peut être effectué des deux côtés de la machine indifféremment, en agissant sur l'une ou l'autre des poignées *g* et *g'* qui terminent le levier horizontal G. A cet effet, ce levier oscille autour d'un boulon *f* fixé sur une nervure du bâti et est relié, par le goujon *f'*, avec la tringle méplate H, dont l'extrémité porte la fourchette H'. Le mouvement de va-et-vient de cette tringle est limité pour l'embrayage ou le débrayage par deux petits goujons *h* et *h'*, qui correspondent à ces deux fonctions, et qui viennent buter contre l'un des deux supports-guides G'.

Jusqu'ici, comme on voit, les dispositions générales de cette machine ne présentent aucune particularité qui la distingue d'une façon bien spéciale des machines à mortaiser, mais nous allons entrer maintenant dans les combinaisons du moulage proprement dit et du mécanisme actionnant la plaque tournante ou *plateau automate* destiné au service.

Du moulage. — Le moule ou la matrice I est en fonte, et est fixé par deux boulons dans l'axe même du poinçon, sur la tablette que présente le bâti. Le fond de ce moule est percé au centre d'un trou circulaire dans lequel est engagée une petite soupape évidée, maintenue par une lame méplate en acier *i* formant ressort. Cette soupape est recouverte par un disque en métal mince *i'* (fig. 7), destiné à former le fond de l'assiette, et en même temps à faciliter le démoulage en la soulevant un peu quand

le poinçon-mouleur J se relève. Sous le disque i' sont ménagées de petites rainures ou cavités allant de la circonférence au centre pour communiquer avec la soupape i', afin que celle-ci puisse laisser échapper l'air qui s'est introduit entre le fond et la feuille de caoutchouc sur lequel la pâte plastique a été posée.

Pour les pièces de grandes dimensions, les rainures ménagées pour l'échappement de l'air ne suffisent pas toujours ; alors on en ajoute quelques-unes à l'intérieur du moule, lesquelles partent de la circonférence du disque i', et vont rejoindre le bord extérieur. Ces rainures laissent bien, dans ce cas, de légères saillies sous l'assiette ou le plat moulé, mais comme un léger tournassage est toujours nécessaire, cette opération complémentaire les fait aisément disparaître. La contre-matrice ou poinçon-mouleur J, dont la forme extérieure correspond à celle intérieure du moule I, est fixée, au moyen de deux boulons et d'écrous j, à une masselotte en fonte J′, reliée elle-même au porte-poinçon B par un assemblage conique, surmonté d'une embase serrée par l'écrou j'.

La pâte plastique, destinée à la confection de l'assiette, est placée entre les deux membranes de caoutchouc k et k', et présentée au-dessus du moule inférieur I, quand le poinçon-mouleur est soulevé comme l'indique la fig. 6 ; ce dernier, en descendant, vient alors comprimer la pâte placée entre les deux caoutchoucs et l'oblige à prendre la forme du moule, comme on le voit fig. 7.

On remarque que le disque inférieur k est maintenu tendu par un fil de fer rond autour duquel se trouve replié le caoutchouc. Cette disposition a pour double but de conserver au caoutchouc sa tension, et de former un rebord saillant au moyen duquel il se trouve centré, en reposant sur trois petites équerres l qui font partie du plateau L.

Du plateau automate. — Ce plateau est en tôle et percé de six ouvertures circulaires L′, qui doivent venir se présenter alternativement et s'arrêter exactement dans l'axe des moules I, dont elles ont un peu plus que le diamètre extérieur, afin que celui-ci puisse passer au travers quand le plateau descend. Ce plateau doit donc être animé de deux mouvements : l'un circulaire intermittent, l'autre d'ascension et de descente.

Le mouvement circulaire est transmis à l'axe L^2, sur lequel est claveté le plateau, par la combinaison de leviers, de roues et de pignons d'engrenage, qui ont entre eux les relations suivantes :

Sur l'axe horizontal intermédiaire F, qui donne le mouvement au poinçon-mouleur, est fixée une petite roue m (fig. 4) engrenant avec une roue semblable m', laquelle commande celle m^2, fixée au milieu d'un petit arbre muni à ses extrémités des plateaux à manivelles M et M′. Cet arbre est monté dans le support en fonte A′ boulonné contre l'une des faces latérales du bâti. Au bouton du plateau de gauche (fig. 2) est attachée la bielle N′ articulée avec la tige N′, à laquelle elle communique un mouvement rectiligne alternatif de va-et-vient.

Ce mouvement est assuré par deux guides *n* garnis de coussinets en bronze, et boulonnés contre le bâti muni de renflements cylindriques pour les recevoir. L'extrémité inférieure de cette tige, terminée en forme de fourche, pour s'assembler avec le levier *o*, peut tourner librement sur l'axe, prolongé à cet effet, des deux roues O et O'.

La première est une roue à rochet qui se trouve entraînée à chacune des révolutions du plateau M par le cliquet à ressort *o'* fixé au levier *o*. Sur l'axe de cette roue se fixe, dans une position variable à volonté, le petit bras o^2, terminé par une partie cintrée destinée à soulever le cliquet, afin de le retirer du contact des dents pour limiter sa course et par suite celle du levier *o*.

La seconde roue O' est entraînée par celle O, et elle engrène avec une roue intermédiaire Q qui commande le pignon Q' fixé sur l'axe *q*. Ce dernier transmet le mouvement qu'il reçoit de ce pignon à l'arbre du plateau L, au moyen de la paire de roues d'angle *p* et *p'*.

Un support R, boulonné de face contre la tablette du bâti, est fondu avec des renflements alésés pour recevoir l'arbre horizontal *q*, des roues Q' et *p*, et aussi l'extrémité inférieure de l'arbre vertical L^2.

Cet arbre et son plateau L se trouvent donc ainsi animés d'un mouvement de rotation intermittent, dont l'amplitude est déterminée par celle du levier *o* et par les rapports qui existent entre les roues droites *o'*, Q', et les pignons d'angle *p* et *p'*. Ce mouvement du plateau doit être d'un sixième de révolution; puisqu'il porte six ouvertures qui doivent venir se présenter alternativement au-dessous du poinçon-mouleur pendant le temps que celui-ci est soulevé. Quand il descend, il reste immobile à la place qui correspond à l'ouverture placée au-dessus du moule.

Pour obtenir ce résultat, deux dispositions sont appliquées : l'une est un frein destiné à arrêter le mouvement du plateau qui, par son diamètre relativement grand, forme volant; l'autre est un arrêt à ressort *r*, qui vient se loger dans des entailles pratiquées à la circonférence du plateau, vis-à-vis de chacune des ouvertures L'. Le frein consiste simplement dans l'application, sur l'arbre de transmission *q*, d'une petite poulie R', sur la circonférence de laquelle vient agir un sabot qui fait partie du levier S (fig. 1 et 2). Ce levier a son centre d'oscillation *s* tout près du sabot et son extrémité prolongée reçoit le contre-poids S', exerçant une pression suffisante pour neutraliser la vitesse acquise du plateau.

Nous avons dit que ce plateau devait avoir aussi un mouvement d'ascension et de descente, afin que lorsqu'il accomplit son sixième de tour et qu'il se trouve directement au-dessus du moule, il puisse venir déposer sur celui-ci la pâte placée entre les deux caoutchoucs dont on l'a chargé, puis, quand le poinçon-mouleur est remonté, se soulever lui-même en entraînant hors du moule la pièce moulée.

Ce mouvement ascensionnel et descensionnel est communiqué par le plateau M', dont le bouton de manivelle est engagé dans une pièce à

coulisse *t*, qui forme la tête de la tringle T. Celle-ci glisse entre deux guides *t'*, assurant son mouvement vertical de va-et-vient, et est reliée à sa partie inférieure avec un petit balancier en fer T' réuni, par un lien de même métal *u*, avec un autre petit balancier U. Ce dernier est muni d'un galet *u'*, qui est engagé entre les deux embases du manchon *v* sur lequel est placé le plateau L, et qui peut glisser librement sur l'arbre L^2, quoique pouvant être entraîné par lui au moyen d'une clavette.

Il résulte de cette combinaison de leviers qu'à chacune des révolutions du plateau-manivelle M', la tige T fait osciller le balancier T' et celui-ci le balancier U, lequel entraîne dans son mouvement le manchon *v*, pour faire monter et descendre alternativement le plateau.

Comme il ne faut pas que le mouvement du plateau soit continu, mais au contraire qu'il ait un moment d'arrêt quand il est descendu et que le poinçon-mouleur donne la pression, comme aussi quand il est remonté pour permettre d'enlever l'objet moulé, la pièce *t*, qui reçoit le bouton de la manivelle M, a la forme indiquée fig. 4. On voit que cette forme consiste en deux arcs de cercle, décrits du même rayon que celui de la manivelle et terminés de chaque côté, suivant une ligne perpendiculaire à cet axe, par des échancrures arrondies, dans lesquelles vient se loger le bouton de la manivelle. Tant que ce bouton reste engagé dans l'une de ces échancrures il entraîne la pièce *t*, mais aussitôt que l'angle qu'il décrit l'oblige à l'abandonner, il parcourt la portion d'arc de cercle supérieure ou inférieure, sans transmettre aucun mouvement.

FONCTIONNEMENT, SERVICE ET RENDEMENT DE LA MACHINE.

La description détaillée que nous venons de donner de cette machine va nous permettre de faire comprendre aisément la manière dont elle fonctionne; seulement, pour mieux faire apprécier les différences de fabrication qui résultent de son application avec les procédés en usage, nous croyons utile de mettre en regard les deux systèmes, en prenant pour exemple la fabrication des assiettes :

Ancien système. — La pâte, bien préparée à l'avance par les procédés ordinaires, est prise par l'ouvrier qui la malaxe de nouveau à la main, et, la comprimant énergiquement, en fait des boules qu'il lance avec force contre sa table de travail afin de faire dégager de la pâte les bulles de gaz qui s'y sont développées.

Après avoir placé sur le disque supérieur de son tour une quantité convenable de pâte, l'ouvrier la façonne d'abord avec ses doigts, de manière à lui donner la forme d'un vase cylindrique de peu de hauteur, il rabat ensuite les bords supérieurs de ce vase et lui donne grossièrement la forme d'une assiette. Il arrête alors son tour, et, au moyen d'un fil d'archal, il coupe la base de l'assiette et la détache de la plate-forme de son tour. Il laisse cette assiette grossière se dessécher un peu à l'air afin qu'elle prenne plus de consistance, puis il la renverse sur un moule

en plâtre qui présente en relief la forme que doit prendre l'intérieur. Il comprime ensuite fortement, avec une éponge mouillée, la pâte contre le moule, pour qu'elle en prenne exactement l'empreinte. Enfin, après le démoulage et la dessiccation, il la termine en tournassant la partie extérieure. Ainsi, par ce procédé, l'intérieur de l'assiette est obtenu par un moule en plâtre, et l'extérieur par le tournassage.

NOUVEAU SYSTÈME. — En faisant usage de la machine de M. Durand, on prend la pâte en sortant des cuves, et on la verse dans une trémie qui la fait passer dans un laminoir.

Lorsque la pâte est ainsi préparée, une femme, placée à gauche de la machine (fig. 1 et 3), en prend la quantité nécessaire pour fabriquer une assiette, et elle l'introduit entre les deux disques de caoutchouc, dont l'un, comme l'indique la fig. 6, a un rebord annulaire en fil de fer, de sorte que l'ensemble représente assez bien un tambour de basque.

L'ouvrière pose ensuite la pâte ainsi recouverte sur l'une des ouvertures du plateau tournant L, où elle se trouve parfaitement centrée, comme nous l'avons vu, par les petites équerres *l*; et le mouvement d'un sixième de tour du plateau l'amène au-dessus du moule. Le poinçon-mouleur descend alors et estampe l'assiette d'un seul coup.

Pendant que le mouleur remonte, le plateau se soulève et opère le démoulage, puis se met aussitôt à tourner d'un autre sixième de tour (dans le sens indiqué par la flèche fig. 3), ce qui permet à une seconde femme placée à droite de relever la pièce qui vient d'être moulée, et ainsi de suite sans arrêt, puisque le plateau tournant est alimenté constamment de disques en caoutchouc chargés de pâte. On laisse sécher un peu les assiettes ainsi fabriquées, puis, au moyen d'un léger tournassage sur les bords, elles se trouvent complétement achevées.

Cette machine, comme on voit, permet la suppression complète des moules en plâtre, si dispendieux dans les fabriques à cause de leur peu de durée. Elle donne une économie considérable sur la main-d'œuvre; on peut l'évaluer aisément, car il est facile de mouler 15 à 20 pièces à la minute. On peut donc admettre une production régulière de :

100 assiettes par heure de travail,

et cela avec une force motrice très-peu considérable, en faisant marcher l'arbre moteur de la machine à une vitesse de 60 à 70 tours par minute.

Ce système de moulage mécanique peut s'appliquer avec le même avantage au moulage de la faïence comme de la porcelaine, et on peut exécuter, en modifiant la forme des moules, des vases de formes les plus diverses. Tout fait donc espérer que par son concours nos industriels français pourront lutter sur les marchés avec les Anglais, qui encombrent de leurs produits d'un prix peu élevé tous les pays étrangers.

MACHINES A FORGER

ET A FAÇONNER

LES PETITES PIÈCES EN FER ET EN ACIER

Système RYDER construit par MM. WHITWORTH ET C[e]

DE MANCHESTER

Et système de MM. SHANKS ET C[e], constructeurs à Londres

(PLANCHE 31)

Dans le volume VIII de ce Recueil, nous avons donné le dessin d'une petite machine à forger composée de plusieurs marteaux et matrices, patentée en Angleterre au nom de M. Ryder, de Boston, et destinée à la fabrication des broches de filature, des gros clous, des boulons, des vis et autres pièces de forge de petites dimensions.

Cette machine est restée en principe ce qu'elle était, mais un des premiers constructeurs de l'Angleterre, M. Whitworth de Manchester, est arrivé à l'améliorer dans tous ses détails; et, ainsi transformée, elle s'est répandue dans un assez grand nombre d'usines anglaises où elle est connue maintenant plutôt sous le nom du constructeur que sous celui de son inventeur, M. Ryder.

Une de ces machines perfectionnée avait été envoyée par MM. Whitworth et C[e] à l'Expositition universelle de Londres en 1862, où nous avons pu, en l'examinant, constater d'essentielles modifications qui nous ont paru assez importantes pour nous engager à reproduire dans ce même Recueil un nouveau dessin de cette intéressante machine.

Il y avait aussi à cette même Exposition le modèle d'une seconde machine à forger de l'invention de MM. Shanks et C[e], constructeurs à Londres, destinée à effectuer un travail analogue à celui de la machine Ryder, mais par un mode d'action un peu différent, en ce sens qu'au lieu d'agir par chocs répétés du marteau sur l'enclume fixe, le façonnage de la pièce est produit ici par la combinaison de quatre mâchoires ou étampes qui se rapprochent simultanément deux à deux, verticalement et horizontalement, de façon à produire sur la pièce de fortes pressions latérales qui constituent plutôt un véritable moulage qu'un forgeage proprement dit.

Quoique nous ne connaissions pas les résultats pratiques que peut donner ce nouveau système de façonnage à chaud des petites pièces de forge, nous pensons que l'on ne verra pas sans intérêt les combinaisons mécaniques adoptées par MM. Shanks et Cᵉ dans la construction de cette machine, qui est remarquable par l'agencement symétrique de ses organes, et dont le but, comme on voit, est la réalisation industrielle du même problème que celui obtenu par la machine à marteaux multiples perfectionnée par M. Whitworth, si ce n'est pourtant que dans celle-ci le corroyage du métal est plus parfait. Il est vrai d'ajouter, par contre, que dans le second, le moulage doit être plus exact et par suite, la forme définitive de la pièce plus assurée.

On pourra, du reste, apprécier les dispositions toutes spéciales de chacune de ces deux machines à l'inspection de la planche 31 sur laquelle elles sont représentées (1), et se rendre compte de leur fonctionnement à l'aide de la description détaillée qui va suivre.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A FORGER PERFECTIONNÉE PAR MM. WHITWORTH ET Cᵉ,

ET REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 3 DE LA PL. 31.

La fig. 1 est une élévation de face de la machine, un côté vu en coupe et l'autre extérieurement;

La fig. 2 en est une section transversale faite suivant la ligne 1-2;

La fig. 3 une double section horizontale faite à deux hauteurs différentes, suivant la ligne brisée 3-4-5-6.

Si on veut bien confronter le dessin de cette machine avec celui que nous en avons donné pl. 26 du vol. VIII, on reconnaîtra tout d'abord que ses dimensions sont sensiblement plus considérables, qu'elle doit présenter une plus grande solidité, et que la construction se trouve simplifiée par la suppression des ressorts renfermés dans les tiges des marteaux.

On voit que, maintenant, la machine se compose d'un fort bâti fondu d'une seule pièce avec trois montants creux A, reliés par deux bras également creux A′, et aussi par les trois traverses a, a', a^2, qui servent de guides aux tiges des marteaux et aux enclumes. Les têtes des trois montants A forment paliers et reçoivent, à cet effet, des coussinets en bronze b dans lesquels tourne l'arbre moteur B, qui est forgé avec quatre renflements tournés excentriquement par rapport à son axe, suivant des centres diamétralement opposés, de telle sorte que ces quatre excentriques agissent l'un après l'autre pendant la rotation complète de l'arbre.

(1) Nous avons fait relever le dessin de ces deux machines au *Portefeuille industriel* du Conservatoire impérial des arts et métiers, qui, à chaque Exposition universelle, est doté d'un budget important pour l'acquisition de modèles, d'échantillons et de dessins.

Ce mouvement de rotation lui est communiqué par une courroie montée sur la poulie fixe P, à côté de laquelle est ajustée folle la poulie P′, destinée à recevoir ladite courroie quand on veut arrêter la marche du marteau c^1, des étampes c^2, c^3 et de la cisaille c^4.

Ceux-ci sont assemblés à queue d'hironde à l'extrémité des tiges en fer forgé, C^1, C^2, C^3, C^4, dont la section est carrée dans la partie qui traverse le coulisseau formé par la traverse *a* du bâti. Pour guider les tiges, cette traverse est ouverte et parfaitement dressée à angle droit; et une autre partie, composée de plusieurs chapeaux en fer *d*, y est appliquée et retenue par des boulons à écrous *d′*. L'extrémité supérieure de chacune des quatre tiges présente la forme d'une tête de bielle munie de coussinets en bronze qui sont serrés sur la partie excentrée correspondante de l'arbre B, de sorte qu'à chaque révolution de celui-ci les marteaux reliés aux tiges reçoivent un mouvement vertical alternatif de va-et-vient.

L'enclume *e′*, les étampes e^2 et e^3, et la cisaille inférieure e^4 sont, comme les marteaux, assemblées à queue d'hironde sur des tiges, également de section carrée, E^1, E^2, E^3, E^4, engagées dans la seconde traverse en fonte *a′*. Celle-ci, comme la première, ne reçoit que les deux faces du carré de chaque tige, et les deux autres glissent le long des chapeaux en fer D maintenus en serrage par les boulons D′. Ces tiges E′, E^2, E^3 et E^4 reposent, par leur partie inférieure, sur des vis correspondantes F′, F^2, F^3, F^4, engagées dans des écrous en bronze *f*, ajustés dans la traverse a^2.

A la partie inférieure de ces vis sont clavetés et retenus, par des rondelles en fer et des écrous intérieurs, les pignons G, d'une assez grande hauteur de denture relativement à leur diamètre, qui engrènent avec des pignons semblables, mais de plus faible épaisseur *g*. Ces derniers sont fixés au bas de petits arbres verticaux logés à l'intérieur des douilles a^3 (fig. 2) fondues avec la traverse a^2.

De petits pignons d'angle *h* sont encore fixés à ces arbres verticaux pour leur communiquer le mouvement qu'ils sont chargés de transmettre aux vis, par les roues droites *g* et G dont il vient d'être question.

A cet effet, les pignons d'angle *h* engrènent avec des pignons semblables *h′*, h^2, h^3, h^4, fondus chacun avec de longues douilles traversées par l'arbre horizontal *i*, que l'on actionne à l'aide des petits volants I et I′.

Ces deux volants sont disposés de chaque côté du bâti, et ne sont pas montés directement (fig. 3), aux extrémités de l'arbre *i*: ce n'est que par l'intermédiaire de deux paires de petites roues dentées que le mouvement de rotation que l'on imprime au volant se trouve transmis aux quatre pignons *h′*, h^2, h^3, h^4. Cette complication est nécessaire pour mobiliser séparément l'une ou l'autre des enclumes ou des étampes, ou au besoin, toutes à la fois. Voici comment ce résultat est obtenu.

L'arbre *i* est en deux pièces, supporté au milieu de sa longueur par un renflement ménagé au montant vertical intermédiaire du bâti, de sorte que le mouvement communiqué à l'un de ses bouts ne peut faire

mouvoir que les deux pignons d'angle qui se trouvent du côté correspondant; de plus, un seul de ces deux pignons, celui h^2 ou h^3, y est claveté; l'autre, celui h' ou h^4 est monté fou avec sa douille, qui est fondue avec une petite roue droite j ou j'.

Les deux extrémités de l'arbre i sont aussi munies des roues droites k et k', qui peuvent glisser sur une clavette, de façon à pouvoir occuper les positions indiquées fig. 3, ou être rapprochées des roues j et j'.

Les petits arbres l des volants à main I et I', prisonniers dans les montants extrêmes du bâti, portent aussi chacun deux pignons droits m, m', et n, n' destinés à être engrenés avec les petites roues j, j' et k, k', lorsque l'on veut soulever ou abaisser à la fois l'enclume e', les deux étampes e^2, e^3 et la contre-lame e^4.

Si, au contraire, il ne s'agit que de mobiliser l'enclume e', par exemple, on fait glisser sur la clavette de l'arbre l le pignon m, de façon à engager ses dents dans celle de la petite roue j; alors, en tournant le volant I, on fait tourner le pignon d'angle h' et celui-ci, par le pignon h et la roue droite g, commande celle G fixée à l'extrémité de la vis F'. Cette vis en tournant, s'élève ou s'abaisse, suivant le sens du mouvement qu'on lui a communiqué, et avec elle la tige E' qui porte l'enclume e'.

On procède de la même manière, si au lieu de l'enclume e on veut mobiliser l'étampe e^2; dans ce cas le pignon m est repoussé vers le bâti, comme l'indique la fig. 3, et la petite roue k appuyée contre celle j, a ses dents engagées dans les dents du pignon n. Alors c'est l'arbre i qui reçoit le mouvement et qui le transmet au pignon d'angle h^2 fixé sur cet arbre par une goupille. Une combinaison semblable d'embrayage et de calage facultatif rend les roues et pignons de droite j', k' et m' n', solidaires ou indépendantes des mouvements communiqués à la main au volant I', qui sert à mobiliser l'étampe e^3 et la contre-lame e^4 de la cisaille.

Travail de la machine. — Par la disposition de l'arbre à excentriques B, dont le mouvement de rotation est régularisé par le volant V fixé à l'extrémité opposée de celle que reçoit la poulie motrice P et celle folle P', on voit que la course des marteaux ne peut être changée. C'est donc en faisant varier la hauteur des enclumes et des étampes que l'on peut régler la pression que ces marteaux doivent exercer sur les pièces que l'on soumet à leur action. Nous avons vu que ce résultat pouvait s'obtenir aisément et rapidement pour chaque étampe en particulier, ou deux à deux pour les deux couples en agissant sur les volants à main I et I'.

Le marteau c' de gauche et son enclume e' présentent des faces droites et unies entre lesquelles on commence à façonner la pièce sortant du feu de forge, afin de l'amener à peu près à la dimension voulue; puis, si c'est une broche cylindrique, on la soumet à l'action des étampes c^2, c^2, pourvues de gorges demi-rondes de différents diamètres se correspondant exactement l'un à l'autre; ou bien, si c'est une tige carrée que l'on désire obtenir, la pièce est présentée aux étampes c^3, e^3 pourvues cha-

cune de quatre en coches angulaires qui, rapprochées, forment autant de carrés parfaits de dimensions variables. Enfin, la pièce moulée, est soumise à l'action de la cisaille c^4, e^4, qui la coupe de longueur.

On comprend que les formes et dimensions des étampes fixes et mobiles entre lesquelles s'effectue le moulage doivent varier suivant celles des pièces que l'on veut obtenir, et qu'elles ne peuvent être les mêmes pour des broches de filature, pour des gros boulons chanfreinés, des vis, des écrous comme aussi pour d'autres petites pièces spéciales dont on peut faire usage dans les machines de filature, et qui sont susceptibles d'être obtenues très-économiquement sur cette machine.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A FORGER PAR PRESSION

INVENTÉE PAR MM. SHANKS ET Ce,

REPRÉSENTÉE FIG. 4 A 6 DE LA PLANCHE 31.

La fig. 4 est une élévation vue de face de la machine, les quatre boîtes des excentriques et leurs guides coupés;

La fig. 5 en est une section faite à la hauteur de la ligne 1-2 ;

La fig. 6 est une section transversale faite par le milieu des étampes verticales, suivant la ligne 3-4 de la fig. 4.

Les dispositions générales de cette machine comme sa construction diffèrent complétement, comme on voit, du système de MM. Ryder et Whitworth : ici au lieu d'une étampe fixe et d'une étampe mobile percutante, il y a quatre étampes qui, en se rapprochant vers le centre de l'appareil, viennent agir par compression pour effectuer le moulage.

Ces quatre étampes reçoivent le mouvement de quatre arbres horizontaux M', M^2, M^3 et M^4, placés diamétralement opposés par rapport au centre, dont ils sont également distants, et commandés par l'arbre unique B, muni du fort volant régulateur V et des poulies fixe et folle P et P'. Cet arbre est supporté par deux paliers B' et B^2, l'un fixé sur le sol de l'atelier et l'autre sur la plaque A' fondue avec le bâti creux A. Celui-ci est pourvu de douilles creuses et de renflements alésés, destinés à recevoir les coussinets en bronze formant les paliers m des arbres M', M^2, M^3, M^4, et aussi les boulons qui permettent le serrage des chapeaux m'.

Le mouvement de rotation continu de l'arbre B est transmis à la fois aux quatre arbres par une roue dentée N, qui engrène, avec les quatre roues semblables N', N^2, N^3, N^4, calées à l'une des extrémités de chacun de ces arbres, lesquels sont forgés, du côté opposé, avec des boutons de manivelle garnis des coussinets en bronze n', n^2, n^3, n^4, qui sont ajustés à frottement doux dans les cadres des coulisseaux en fer C', C^2, C^3, C^4.

Le mouvement rectiligne de va-et-vient de ces coulisseaux est assuré par des guides en fer a, boulonnés contre la face verticale du bâti ; et des plaques de même métal a', retenues par les mêmes boulons d, recouvrent les coulisseaux et leurs guides.

Aux quatre coulisseaux sont reliés, par des vis et des écrous *c*, qui permettent de régler leurs positions respectives en les rapprochant ou les éloignant à volonté, les pistons en fer c', c^2, c^3, c^4 garnis de leurs étampes en acier *e*, qui y sont retenues par des vis de pression. Ces pistons glissent comme les coulisseaux sur la face du bâti, entre deux guides en fer, et sont recouverts d'une plaque fixée par les boulons d'.

Les coulisseaux horizontaux C′, C^2 sont encore munis, en outre des pistons c' et c^2, l'un d'une lame de cisaille e', l'autre d'un marteau e^2.

Vis-à-vis la lame e' est disposée une contre-lame fixée sur la pièce *f* qui peut glisser, afin de régler la position de cette contre-lame par rapport à la lame mobile, dans une coulisse du support en fonte F, boulonné sur la plaque d'assise de la machine. C'est au moyen du volant à main I et de la vis *i* que l'on mobilise cette pièce *f*, et que, par suite, on règle avec exactitude l'écartement des lames de cette petite cisaille.

Le marteau e^2 agit sur une petite enclume en acier fixée à la pièce f', que l'on peut aussi mobiliser dans son support F′, à l'aide de la vis i' que l'on fait tourner au moyen du volant à main I′.

Au milieu, et sur le devant de la machine, bien dans l'axe des étampes verticales c' et c^4, est fixé, sur la plaque A, un petit support en fonte G (fig. 5 et 6) dans lequel est ajusté une crémaillère verticale terminée par une petite tête légèrement concave *g*, laquelle est destinée à supporter la pièce que l'on veut soumettre à l'action de forgeage des étampes. Un petit pignon de cric permet de soulever ou d'abaisser cette crémaillère, suivant le volume des pièces à façonner, agissant au moyen d'une manivelle sur son axe g', prolongé, à cet effet, en dehors du support.

Travail et service de la machine. — Le service de cette machine est à peu près le même que celui de la machine de MM. Ryder et Whitworth. On soumet d'abord la pièce à façonner à l'action du petit marteau de droite e^2, puis, en s'aidant de l'enclume *g*, on la présente au centre des étampes ou matrices. Les deux premières c' et c^2, par exemple, se rapprochant simultanément viennent presser à la fois le métal rendu malléable par son séjour dans le foyer de la forge. Aussitôt après, ces deux étampes s'éloignent, afin de laisser celles verticales *c* et c^4 effectuer le même travail, et achever ainsi le moulage commencé par les deux premières.

Il est bien entendu que l'effet peut être inverse, c'est-à-dire que la première pression peut être donnée par les étampes mobiles verticalement, et la seconde par celles qui se meuvent dans le sens horizontal.

Dans tous les cas, si cette pièce a besoin d'être coupée de longueur, on la présente à la sortie des étampes entre les lames de la cisaille e', et le travail se trouve complétement achevé.

TISSAGE

MÉTIERS MÉCANIQUES A TISSER

LA TOILE ET LES MÉRINOS

Construits par M. L. BRUNEAUX fils aîné

MÉCANICIEN ET FILATEUR A RETHEL

(PLANCHES 32 ET 33)

La supériorité du tissage mécanique sur le tissage manuel, comme célérité, économie de main-d'œuvre et régularité de production, n'est plus contestée maintenant même pour les étoffes que l'on considérait comme très-difficiles. Aussi les métiers mécaniques, qui pendant longtemps ne furent employés qu'à tisser des étoffes de lin et des cotonnades, le sont maintenant pour les mérinos et les tissus façonnés.

Dans les volumes I et VIII de ce Recueil, nous avons donné les dessins et les descriptions de deux métiers déjà perfectionnés par MM. de Bergue, mais depuis ces publications de notables améliorations ont été apportées à ces machines par divers constructeurs. Nous en donnerons une idée en reproduisant de l'excellent rapport de M. Callon, la partie qui concerne les métiers mécaniques envoyés à l'exposition universelle de Londres en 1862.

« Les nombreux métiers à tisser exposés présentent [1], dit M. Callon, presque tous quelques dispositions spéciales, adoptées en vue de satisfaire à des conditions déterminées. Dans l'impossibilité de les décrire toutes, et faisant d'ailleurs abstraction de celles qui servent à produire le façonné, dont il sera question ailleurs, on croit utile de signaler ici :

1° L'emploi presque général de casse-trames agencés de différentes manières, pour arrêter le métier toutes les fois que la duite, par une cause quelconque, ne s'est pas régulièrement formée sur toute la largeur de l'étoffe, soit que la

(1) Rapport des membres de la section française du Jury international sur l'ensemble de l'Exposition, tome deuxième.

trame ait cassé, soit que la navette ait dévié de sa course ou ne l'ait pas complétée. Dans ce dernier cas, une disposition particulière se remarque sur plusieurs métiers. Elle a pour effet toutes les fois que la navette n'arrive pas à fin de course en temps utile, de mettre en jeu un déclic qui rend le peigne du battant mobile autour de son arête supérieure, et prévient les inconvénients bien connus qui se produisent lorsque, suivant l'expression consacrée, on vient à tisser la navette.

Ces divers appareils de sûreté sont appelés à devenir d'un usage de plus en plus fréquent, à mesure que le tissage mécanique étendra son domaine à des tissus plus légers et qu'on lui demandera plus de vitesse. C'est seulement grâce à eux que l'on tire de l'emploi d'un moteur toute l'économie de main-d'œuvre qu'il est permis d'en attendre, parce qu'il devient possible d'augmenter le nombre des métiers confiés à chaque ouvrier. Un casse-trame d'un jeu sûr est donc un accessoire très-intéressant dans un métier mécanique quelconque; il est à peu près indispensable, quand on veut marcher vite avec des trames peu résistantes, et donner à chaque tisserand plus d'un métier à conduire.

2° Diverses dispositions pour soulager les fils de chaîne au moment où les lisses fonctionnent pour laisser passer la navette.

Elles consistent, en général, à faire passer ces fils entre l'ensouple de derrière et les règles d'envergure, sur une tringle qui, au lieu d'être fixée invariablement, comme à l'ordinaire, est susceptible de prendre un petit mouvement. Tantôt cette tringle est appuyée sur des ressorts qui cèdent lorsque la tension de la chaîne augmente par le jeu des lisses, et qui, ainsi, restreignent les variations de cette tension. Tantôt, au contraire, le mouvement est obligatoire, ou constitue ce que les Anglais appellent *a positive motion*. Un système articulé, en relation avec le battant, rappelle la tringle, détend les fils au moment où les lisses jouent, et la repousse de manière à produire le maximum de tension au moment où le battant chasse la duite. La tringle mobile pourrait être placée sur le devant du métier comme à l'arrière. Un des métiers exposés présente cette disposition.

Ces diverses variantes ne présentent rien d'absolument neuf, mais elles sont utiles et pourraient être plus souvent appliquées qu'elles ne le sont. Leur usage est certainement appelé à se répandre.

3° Des solutions variées du problème très-important et encore assez imparfaitement résolu d'un enroulement régulier de l'étoffe et d'un déroulement correspondant de la chaîne, sous une tension parfaitement uniforme.

La solution la plus intéressante est peut-être celle du métier à voiles de MM. Parker et fils de Dundée. Ce métier n'est pas nouveau, car il est aujourd'hui ce qu'il était à l'exposition de 1855, où il a obtenu une médaille d'honneur. Rien de plus remarquable pour la bonne construction. Les mouvements des deux ensouples sont solidaires et commandés par le jeu du battant. La tension est déterminée par le système de deux poids relevés à tour de rôle par des cames et agissant avec des bras de leviers dont la longueur varie proportionnellement au rayon d'enroulement de l'ensouple du devant.

4° Enfin, diverses dispositions concernant le mouvement de la navette.

Ainsi, par exemple, on cherche à obtenir une vitesse initiale de la navette indépendante de la vitesse actuelle du métier. Cela est important pour éviter en général des inégalités de tension dans la trame et des ruptures fréquentes lorsque le métier va vite. Il faut que la vitesse initiale suffise amplement, mais sans trop d'exès, à la course entière de la navette. A cet effet, le mouvement du battant

sert alternativement à remonter un ressort faisant fonction de réservoir de force, et à relâcher un déclic qui laisse, au moment opportun, ce ressort agir sur le levier de chasse-navette. Une autre disposition consiste, dans le métier à plusieurs navettes, à faire dépendre le mouvement, comme celui de la boîte qui les renferme, non pas du mouvement du battant, mais de celui de la mécanique Jacquard. Il en résulte des facilités particulières pour détisser en cas de besoin, et par suite une assez grande économie de temps.

Dans une troisième disposition qui peut être indiquée, bien qu'elle ne soit encore qu'en projet, on a cherché à remplacer la navette ordinaire par une petite navette en fer, conduite par l'attraction d'un aimant glissant le long du battant un peu au-dessous du peigne. Cet aimant étant en dehors des fils de chaîne, peut être mis en mouvement d'une façon quelconque, tandis que la navette ordinaire qui est lancée, sans pouvoir y être conduite, dans l'intérieur de l'angle formé par les fils de chaîne, doit être chassée avec une grande vitesse initiale. Ce mouvement brusque casse ou énerve les fils, et tend souvent à produire ces trames traînantes d'un effet si fâcheux dans les étoffes de soie unie. La disposition proposée permet d'avoir, avec une vitesse moyenne, égale ou même supérieure un départ beaucoup plus doux; en outre, on peut tisser les étoffes les plus légères, sur une largeur quelconque, qui n'est plus limitée que par les convenances de construction du métier lui-même, et non par celles du mouvement de la navette.

Les trois systèmes çi-dessus sont représentés dans l'exposition française : le premier chez M. Mercier; le second chez M. P. Bacot (1), de Sedan; le dernier appartient à M. Mouline, de Vals.

Tels sont, dans la grande variété des métiers que présente l'Exposition, les détails sur lesquels il m'a paru utile d'appeler l'attention. J'aurais pu, dit le rapporteur, étendre beaucoup ces indications, mais celles qui sont données suffisent pour montrer combien le métier mécanique est en ce moment l'objet d'études et de recherches, dont la multiplicité même, montre que le problème d'un bon métier mécanique n'est pas encore bien complétement résolu. C'est en effet une question assez simple pour certains tissus ordinaires, lorsqu'on ne cherche pas une trop grande vitesse, mais qui devient au contraire fort complexe fort délicate, lorsqu'on veut aller très-vite, ou lorsqu'on veut satisfaire à toutes les conditions d'un bon travail avec des fils très-fins et peu élastiques (2).

Malgré ces difficultés, il n'est pas douteux que le domaine du tissage méca-

(1) Dans une de nos prochaines livraisons nous donnerons ce métier dont nous avons fait relever le dessin sur l'exécution même.

(2) C'est dans le défaut d'élasticité ou d'extensibilité que réside, pour certains fils, la principale difficulté du tissage. Avec des fils peu extensibles, le mouvement de l'ensouple de derrière détermine une tension inégale des fils de chaîne, pour peu qu'il y ait de l'un à l'autre une petite différence de rayon de déroulement; ce qu'il est difficile d'éviter, les fils ne pouvant pas, à l'ourdissage, se superposer d'une manière absolument identique. Il paraît bon, en vue de cette circonstance, d'éloigner un peu, plutôt que de rapprocher du battant, l'ensouple de derrière. On pourrait aussi très-utilement, à l'ourdissage, interposer entre les diverses couches de fil une toile continue qui rétablirait ainsi pour chacune de ces couches successives un noyau d'enroulement parfaitement cylindrique. Cet artifice imaginé et appliqué par M. E. Stamm, lui a permis de tisser mécaniquement des étoffes de lin d'une grande finesse.

nique s'étendra de plus en plus. La force des choses pousse l'industrie du tissage dans cette voie, comme elle pousse l'industrie de la filature à l'emploi du métier renvideur. Le système des petits ateliers à bras disséminés dans les villes ou les campagnes, comme à Lyon, à Saint-Étienne, aux environs de Troyes, de Saint-Quentin, est un système qui paraît avoir fait son temps ; on pourrait même dire, pour certaines spécialités, qu'il a fait plus que son temps, c'est-à-dire qu'en restant en arrière de ce qui se faisait ailleurs, en Angleterre, en Prusse, en Suisse, on a laissé se développer des concurrences contre lesquelles il est difficile aujourd'hui de lutter, tout au moins pour les articles courants, où le goût n'intervient pas d'une manière importante.

Le fractionnement actuel de l'industrie de certains tissus en un trop grand nombre de spécialités, et la dissémination des ateliers, ont, au point de vue de la production économique, des inconvénients nombreux et évidents qui ne sont point compensés par certains avantages qu'on ne peut cependant méconnaître. Il s'établira donc certainement, pour la filature et pour le tissage de toutes les matières textiles, une concentration analogue à celle qui est déjà presque un fait accompli du coton.

Le tissage, sauf peut-être pour quelques façonnés exceptionnels, appoint très-peu important, comme quantité dans la masse de la fabrication, se fera, dans ces grandes usines, exclusivement avec des métiers mécaniques. Il résultera de leur emploi de sérieux avantages économiques. Un semblable métier coûte en Angleterre, selon ses dimensions et son degré de complication de 225 à 250 francs jusqu'à 750 ou 1,000 francs, et exige de 1/10 à 1/4 de cheval. Il peut prendre une vitesse beaucoup plus grande que le métier à bras, et enfin, tout au moins pour les étoffes courantes, un ouvrier peut en conduire deux.

Il y a donc, dans l'extension de l'emploi de ces métiers, une question d'un haut intérêt, et c'est une de celles sur lesquelles l'esprit ingénieux et fertile en inventions des artistes français peut très-utilement s'exercer. Ils peuvent trouver de très-bons types à reproduire ou à imiter dans les dispositions que l'on a citées plus haut, ainsi que dans les métiers de M. Harrisson et fils, de Blackburn ; Hodgson, de Bradfort ; Tuer et Hall, de Manchester ; Smith frères, de Heywood.

Il y a encore une amélioration importante à apporter au métier mécanique à tisser, et que le savant rapporteur, M. Callon, ne mentionne pas, nous voulons parler de l'application d'un mécanisme destiné à arrêter instantanément le métier lorsqu'un *fil de chaîne* vient à se rompre.

On sait, en effet, qu'un fil de chaîne qui se casse occasionne ordinairement dans le tissu des défauts plus ou moins graves qui exigent, presque toujours le détissage de l'étoffe jusqu'à ce que le défaut ait disparu ; ce qui constitue évidemment une diminution de production, tant à cause du temps que l'ouvrier emploie à détisser, que par celui qu'il faut pour remettre son métier en position. En outre, il y a perte de la trame détissée et affaiblissement inévitable de la chaîne.

Un appareil *casse-chaîne* établi dans de bonnes conditions aurait

donc un grand avantage au point de vue de la production et à celui de la perfection du tissu. La Société industrielle de Mulhouse, qui, lorsqu'il s'agit de perfectionnements importants à réaliser, ne manque jamais et de les signaler et de stimuler le zèle des inventeurs, avait proposé dans son programme une médaille d'or pour le meilleur casse-chaîne. Deux concurrents se sont présentés au concours de 1863 (1). L'un est M. Adéodat Lefèvre, d'Amiens, qui a un appareil monté à l'école de tissage de Mulhouse; l'autre est M. Hermite, de Nancy, dont le casse-chaîne fonctionne chez MM. Dollfus-Mieg et Cᵉ, à Dornach.

Dans le casse-chaîne de M. Adéodat Lefèvre tous les fils de la chaîne sont passés dans un ordre suivi, et chacun séparément dans une maille à laquelle est suspendu un poids en fil de fer de 8 à 10 centimètres de long et pesant environ 2 grammes. Dans chaque maille, à une certaine distance au-dessous du fil, est passée, sur toute la largeur de la chaîne, une tringle en fer ayant pour but d'empêcher les mailles de tomber sur le sol en cas de rupture d'un fil.

Lorsqu'il n'y a aucun fil cassé dans la chaîne, tous ces poids sont à une hauteur fixe à leur partie inférieure, position qui permet à une lame, ayant un mouvement de va-et-vient suivant le battant auquel elle est reliée par deux tringles, d'entrer à chaque coup dans une coulisse placée derrière le poids.

Lorsqu'un fil vient à se rompre, le poids auquel il correspond n'étant plus soutenu, tombe, s'arrête sur la tringle et vient se placer en travers de la coulisse. Il forme ainsi un obstacle à la marche de la lame qui pousse alors la pièce dans laquelle est pratiquée la coulisse. Cette pièce recule, et au moyen d'un fil de fer elle fait jouer un levier qui, reliée à la détente, fait partir cette dernière et arrête le métier.

Le casse-chaîne de M. Hermite se compose d'un certain nombre (variant suivant le compte des fils) de petites platines en acier trempé, percées au milieu d'une coulisse et à chacune de leurs extrémités d'un trou dans lequel passent deux fils voisins de la chaîne; le premier dans le trou de devant, le second dans le trou d'arrière, ou *vice versâ*. Dans la coulisse passe une tringle qui maintient les platines les unes à côté des autres sur une même ligne droite, perpendiculaire à la chaîne, et sert en même temps de pivot à ces platines. Deux valves en fer formant un certain angle sur toute la largeur de la chaîne et placées au-dessous des platines à une petite distance de ces organes, sont animées d'un mouvement de va-et-vient autour de leur axe; mouvement que leur communique un excentrique par l'intermédiaire d'un levier et de deux tringles.

Lorsqu'un fil vient à se casser, la platine dans laquelle passe ce fil n'étant plus soutenue que d'un seul côté, s'abaisse de l'autre en pivotant sur la tringle, s'interpose entre les valves et arrête leur marche ainsi que celle du levier qui, entraîné alors par un contre-poids, fait lever un butoir, lequel frappe sur la détente, la fait partir, et celle-ci arrête le métier (2).

Un autre perfectionnement que M. Hermite a appliqué aux métiers à tisser, consiste en une baguette en fer plat nommée *démêleuse*, et sur laquelle les fils

(1) *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, nº de Novembre 1863.

(2) Dans le vol. XXV du *Génie industriel*, nous avons donné le dessin de la disposition primitive du casse-chaîne de M. Hermite; elle diffère peu de celle décrite ci-dessus.

sont envergés. Cette baguette, animée d'un mouvement oscillatoire circulaire, ouvre à chaque coup de battant les deux nappes de chaînes, et sépare les fils qui pourraient être tenus ensemble.

Lorsqu'un fil vient d'être renoué, afin que l'ouvrier ait plus de facilité à le tendre, il a été placé entre les valves et les platines une tringle qui, en s'élevant au moyen d'un levier sur lequel appuie l'ouvrier, relève la platine descendue ou penchée par suite de l'inégale tension du fil qui vient d'être renoué.

Avec l'aide de ce casse-chaîne, mécanisme fort ingénieux, un métier s'arrête immédiatement après la rupture d'un fil, en quelque endroit qu'elle ait lieu, et l'ouvrier en voyant la platine penchée reconnaît quel est le fil qui vient de se casser. Il peut alors très-bien le renouer et le repasser dans le trou de la platine, s'il y a lieu de le faire, et tout cela sans perdre beaucoup de temps.

Les deux métiers à tisser construits par M. Bruneaux, représentés sur les planches 32 et 33, dont nous allons donner une description détaillée, ne sont pas pourvus de casse-chaînes, parce que ceux-ci ne sont pas encore tout à fait entrés dans le domaine de la pratique usuelle, mais ces métiers se font particulièrement remarquer par la simplicité de leur construction, par le bon agencement de toutes les pièces qui y sont établies avec précision, et dont les mouvements s'opèrent doucement et sans secousse. Ce qui les distingue plus spécialement des métiers ordinaires, ce sont :

1° L'enroulement des tissus qui se produit sur une ensouple libre commandée par friction, à l'aide d'un rouleau garni de papier de verre;

2° La disposition du casse-trame suspendant l'action du régulateur, et provoquant l'arrêt du métier.

3° La disposition verticale des axes des fouets, et les chasses-navettes agissant par-dessus les boîtes.

4° La simplicité du mécanisme rendant l'accès facile dans toutes les parties du métier, et produisant une économie notable dans son prix.

Les métiers de ce genre que construit M. Bruneaux, sont établis sur des modèles de largeurs différentes, suivant le genre d'étoffe qu'ils sont destinés à produire.

Le métier à mérinos se compose des mêmes éléments que le métier à toile : l'enroulement du tissu se fait également au moyen d'un rouleau d'appel, d'une disposition qui diffère peu de celle de ce métier; le casse-trame est disposé de la même manière. Il existe seulement une petite complication dans le mécanisme, complication qui est due à l'augmentation du nombre de lames, qui est de quatre dans les métiers à mérinos. L'armure de ce tissu l'exige, tandis que dans les métiers à toile deux marches suffisent. La disposition des fouets, celles des boîtes à navettes, la commande principale et le débrayage du métier sont complétement semblables. Du reste, il faut dire que, dans tous les métiers, il est des conditions essentielles qu'il faut réunir aussi complétement que possible dans la construction pour obtenir des résultats

satisfaisants dans les produits : ces conditions sont les suivantes :

Tension égale et constante sur la chaîne;

Régularité dans le battage et sur un point fixe;

Enroulement de tissu en rapport avec le déroulement de la chaîne;

Enfin, arrêt immédiat du métier, soit dès la rupture de la trame, soit lorsque la navette, par une cause quelconque, vient à s'arrêter dans sa course.

On va voir, par la description détaillée que nous allons en donner, comment M. Bruneaux a pu réunir ces conditions dans ses nouveaux métiers à tisser la toile et les mérinos, qui sont représentés pl. 32 et 33.

DESCRIPTION DU MÉTIER A TOILE.

REPRÉSENTÉ PLANCHE 32.

La fig. 1 est une vue de côté du métier, faisant voir la relation qui existe entre l'arbre coudé et celui des excentriques, et la commande du régulateur pour l'enroulement du tissu.

La fig. 2 est une portion de plan vue en dessus, montrant la commande du métier et le débrayage automatique.

La fig. 3 est une coupe transversale qui permet de bien voir la commande des marches, celle des fouets et le mécanisme du casse-trame.

La fig. 4 représente un des bouts du métier vu de face, du côté du régulateur.

La fig. 5 est une élévation vue par derrière, de la boîte à navette; la fig. 6 en est un plan vu en dessus, et la fig. 7 une section transversale.

La fig. 8 représente, vu par-dessus, la commande des marches.

On voit par ces figures que, comme dans tous les métiers mécaniques, la chaîne est enroulée sur une ensouple A supportée par ses tourillons extrêmes sur deux consoles venues de fonte avec les deux montants verticaux extrêmes, B B′, formant le bâti du métier.

L'extrémité de la chaîne est fixée sur l'ensouple au moyen d'une baguette en fer ou en bois *a* (fig. 3), qui s'engage dans une rainure pratiquée sur toute la longueur de l'ensouple.

Deux plateaux en fonte A′ maintiennent la largeur de la chaîne. Une poulie à gorge C (fig. 1), fixée à l'une des extrémités de l'ensouple, reçoit la corde *c* destinée à produire la tension sur la chaîne. A cet effet, cette corde est arrêtée d'un bout au bâti, passe sur la poulie sur laquelle elle fait un certain nombre de tours, puis l'autre bout vient s'attacher au levier D, qui a son point fixe d'articulation sur un boulon *d* relié au bâti, et son extrémité qui est libre est chargée d'un contre-poids *d′*, dont on peut modifier l'effet en le rapprochant ou en l'éloignant plus ou moins du point fixe du levier. L'enroulement de la corde sur la poulie C détermine un frottement proportionnel à la longueur dudit le-

vier D, et à la charge qu'il supporte ; on obtient ainsi, avec un poids léger, un frottement considérable qui produit sur la chaîne une tension convenable et constante pendant toute la durée du tissage.

La chaîne en se déroulant de l'ensouple A se rend sur la *poitrinière* E, fixée à l'arrière du métier. Cette pièce n'est autre qu'une traverse en fonte polie ayant la forme d'un demi-cercle (comme on le voit fig. 3), renforcé par une nervure ; elle est supportée par ses deux extrémités sur des consoles *e*, boulonnées au bâti, de telle sorte qu'elles peuvent être déplacées dans le sens vertical, afin de régler et de changer au besoin leur hauteur et, par suite, celle de la poitrinière qui, elle aussi, peut être déplacée, mais dans le sens horizontal, en la faisant reposer dans l'un ou l'autre des crans dont les consoles *e* sont munies à cet effet.

De la poitrinière, la chaîne traverse les lisses ou lames, après avoir été divisée en fils pairs et impairs par les baguettes d'envergure *a'*, passe ensuite entre les dents du peigne ou rot *j*, devant lequel se forme l'étoffe qui s'enroule sur l'envideur F, guidé par la poitrinière de devant E'. L'envideur F est un rouleau en bois, semblable à l'ensouple A, dont les tourillons extrêmes de l'arbre en fer qui traverse son centre tournent librement dans des rainures ménagées à l'intérieur des deux flasques B et B' du bâti. Le bout de l'étoffe tissée se place sur l'envideur et y est retenu par une règle *f* (fig. 3), exactement de la même manière que la chaîne sur l'ensouple, et le tout repose sur le rouleau F', appelé *rouleau d'appel*, dont les tourillons tournent dans des paliers venus de fonte avec le bâti.

Ce rouleau d'appel F' est garni sur toute sa circonférence d'un papier de verre, afin de produire une adhérence suffisante pour entraîner l'étoffe, qui l'entoure sur les deux tiers environ de sa circonférence, avant que de se rendre sur l'envideur F ; ce dernier est muni à ses deux extrémités de contre-poids *c*, qui le maintiennent toujours en pression sur le rouleau d'appel, lequel, recevant la commande du régulateur, attire l'étoffe et la fait enrouler sur l'envideur entraîné par le mouvement de rotation.

Quand l'étoffe est complétement tissée, il suffit de débarrasser l'envideur de ses contre-poids *c*, et de le sortir du bâti, en le faisant glisser dans les rainures pratiquées dans ce dernier pour recevoir son axe, puis de replacer un autre envideur qui se charge d'étoffe comme le premier.

Régulateur. — Le mouvement d'enroulement du tissu est produit au moyen d'un mécanisme particulier appelé *régulateur*, qui fonctionne à chaque recul de la chasse. A cet effet, sur l'axe du rouleau d'appel F', et en dehors du bâti, est fixée la roue d'engrenage G, qui reçoit le mouvement du pignon *g* fixé sur le moyeu de la roue G' (fig. 1 et 4), laquelle tourne librement sur un axe qui peut être déplacé dans la rainure d'un support *g'* fixé au bâti. La roue G' reçoit son mouvement du pignon *h*, qui fait corps avec la roue à rochet H, mobile sur un axe prisonnier

dans le bâti. Le rochet H est commandé par le cliquet h' articulé au levier I, qui a son point d'oscillation sur le bâti, et dont l'extrémité inférieure, munie d'une longue coulisse, reçoit un goujon fixé sur l'un des montants du battant.

Le mouvement de va-et-vient de celui-ci détermine un mouvement semblable du levier I, lequel alors, à chacune de ses oscillations, fait tourner le rochet H d'une certaine quantité, quantité que l'on peut faire varier à volonté, suivant l'étoffe que l'on tisse, en modifiant l'amplitude du mouvement du cliquet réglé par sa position dans la coulisse du levier. Un second cliquet h^2, fixé sur un prolongement du support g', a pour but d'empêcher le mouvement rétrograde du régulateur, quand le cliquet h' abandonne la roue H à elle-même, pour s'engager dans les dents suivantes.

Pour arrêter le mouvement d'enroulement de l'étoffe sur l'ensouple F, un doigt ou contre-cliquet h^3 est fixé à l'extrémité d'un axe i, qui traverse toute la largeur du métier; il présente à son extrémité une petite saillie qui fait à la fois l'office de contre-cliquet en s'engageant dans les dents de la roue H, et qui a aussi pour but, à un moment donné, de soulever le rochet de commande h, de telle sorte que celui-ci soit dégagé des dents de la roue et ne puisse plus l'entraîner.

Cette suspension de mouvement a seulement lieu lorsque la trame vient à se casser pendant la marche, afin d'éviter que l'enroulement se produise inutilement pour une duite qui n'aura pas été fermée. Ce mécanisme, qui détermine l'arrêt du régulateur, produit également le débrayage du métier, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

La disposition de ce régulateur et le mouvement d'envidage de l'étoffe au moyen d'un rouleau d'appel est un des perfectionnements notables apportés par M. Bruneaux à ce métier. On sait, en effet, que dans le système ordinaire d'enroulement de l'étoffe, l'ensouple ou déchargeoir augmente de diamètre par la superposition du tissu, et la commande restant toujours la même, il s'en suit que la tension exercée sur la chaîne devient de plus en plus considérable, et le déroulement de celle-ci ne concorde plus exactement avec l'enroulement du tissu, lequel devient irrégulier et d'un aspect peu satisfaisant.

Pour obtenir de la régularité, on est obligé de faire varier la marche du régulateur au fur et à mesure que l'envideur se charge de tissu; opération qui devient très-difficile, sinon impossible, pour arriver à une tension régulière que l'ouvrier n'obtient qu'imparfaitement malgré les soins qu'il y apporte.

Dans le mode d'enroulement adopté par M. Bruneaux, l'étoffe étant, comme on l'a vu, appelée par un rouleau spécial, chaque mouvement de ce rouleau détermine un appel régulier et uniforme, et produit en même temps un enroulement semblable sur l'envideur; de sorte que, quel que soit le diamètre de ce dernier, l'enroulement du tissu est tou-

jours le même; le régulateur, une fois réglé pour le genre d'étoffe à produire, fonctionne pendant toute la durée du tissage avec la même régularité, sans qu'il soit nécessaire d'en changer la marche.

De la chasse et de son mouvement. — La *chasse* ou *battant* est composée, comme d'ordinaire, d'une longue traverse en bois J, ou *masse*, sur la face horizontale de laquelle glisse la navette pour se rendre alternativement dans chacune des boîtes placées aux extrémités, en dehors du bâti. Entre la masse J et la traverse supérieure ou *poignée* J′ est retenu le peigne ou *rot j*, dans les dents duquel sont engagés tous les fils qui composent la chaîne.

L'ensemble de la chasse est relié vers ses deux extrémités par deux montants en fonte K, appelés *épées de chasse*, fixés sur l'arbre inférieur *k* qui leur sert d'axe d'oscillation. Ces épées de chasse sont munies par derrière d'oreilles venues de fonte, pour recevoir l'articulation des bielles L′, reliées aux manivelles ou coudes *l* de l'arbre moteur L.

Cet arbre, déterminant ainsi le mouvement de va-et-vient du battant, est supporté à ses extrémités par des coussinets ajustés dans des paliers venus de fonte avec les montants B et B′ du bâti; il reçoit d'un bout, en dehors de ces montants, la poulie fixe M, fondue avec le petit volant *m*, et la poulie M′ montée folle près de la première; de l'autre bout, cet arbre est muni du volant *m′*, qui contribue, avec celui *m*, à régulariser le mouvement de va-et-vient du battant. Près de ce deuxième volant est calée la roue dentée N engrenant avec la roue N′, d'un diamètre double de la première, et fixée à l'extrémité de l'arbre O, qui règne dans toute la largeur du métier, et est supportée vers ses extrémités par deux paliers fondus avec le bâti. Sur cet arbre O sont fixés les cammes P et P′ qui commandent l'abaissement des marches, et les cammes Q Q′, qui ont pour but d'opérer le lançage de la navette.

Des lames et de leur mouvement. — Les *lisses* ou *lames* R R′, destinées à produire l'entre-croisement des fils, sont au nombre de deux; elles sont disposées comme dans les métiers mécaniques ordinaires, suspendues à des règles horizontales ou lisserons *r*, reliées par deux courroies *o* rivées sur la circonférence de deux petites poulies en bois *o′*, dont l'axe est supporté par la traverse supérieure en fonte B^2 qui relie les deux flasques du bâti. Les lisserons inférieurs *r′* sont réunis par des cordes aux petites règles en bois o^2 (fig. 3) appelées *tire-lisses*, et celles-ci sont reliées par des liens aux contre-marches en bois S et S′. Ces dernières ont leur centre d'oscillation sur un petit support en fonte *s′* (fig. 1) fixé à l'intérieur du bâti.

Les contre-marches à leur tour sont reliées par les tringles en fer *s* aux marches proprement dites U et U′, qui oscillent dans le support T (fig. 3 et 8) fixé à l'une des traverses inférieures d'arrière B^3 du bâti. Une fourchette en fonte *t* sert de guide aux marches, pour les empêcher de dévier dans leur course.

Il résulte de ces dispositions que les deux lisses sont complétement dépendantes l'une de l'autre, de sorte que, lorsque l'une d'elles s'abaisse, l'autre s'élève immédiatement en séparant les fils pairs et les fils impairs x et x' de la chaine, sous un angle aussi ouvert que possible pour permettre le passage de la navette.

Le mouvement de soulèvement et d'abaissement est produit, comme il a été dit, par les deux excentriques P et P′ montés sur l'arbre O; ils sont calés à 180°, de manière que le grand rayon de l'un fait pression sur le galet u d'une des marches, pendant que le petit rayon de l'autre se présente au-dessus du galet u' pour lui permettre de remonter, ainsi que la marche et sa lame correspondante.

MARCHE DES FOUETS. — Les fouets, qui ont pour but de lancer la navette, sont au nombre de deux, un de chaque côté du métier. Ils se composent d'une tige en bois f, dont l'extrémité antérieure porte la lanière de cuir qui se rattache au taquet mobile dans la boîte à navette; l'autre extrémité du manche de ce fouet est rendue solidaire avec un arbre vertical V au moyen d'un manchon en fonte v, composé de deux parties qui se réunissent entre elles au moyen de dents dont elles sont pourvues et d'un écrou. De cette façon, le réglage de la position du fouet avec l'arbre vertical peut s'effectuer avec la plus grande facilité: il suffit de desserrer l'écrou v' qui relie entre elles les deux parties du manchon, et de déplacer la partie supérieure dans laquelle est engagé le manche du fouet. L'arbre vertical V, maintenu en haut par un collier y, descend jusque vers la partie inférieure du bâti où il se trouve supporté par la crapaudine y', fixée aux montants du bâti.

A une certaine distance du pivot reposant sur cette crapaudine, il a été ménagé une partie renflée garnie d'une rainure dans laquelle se fixe, à la hauteur convenable, l'axe d'un galet en acier b, sur la surface duquel vient agir la camme Q (fig. 2), dont la forme (1) détermine sur le galet b un choc violent donnant au manche de fouet un mouvement brusque qui lui fait chasser la navette.

Pour maintenir constamment en rappel les chasse-navettes, un ressort en laiton q (fig. 8) est fixé d'une part au bâti, et de l'autre à une petite tige excentrée sur l'axe V. Le même mécanisme se trouve répété de chaque côté du bâti. Les cammes Q et Q′ sont montées sur l'arbre dans le sens diamétralement opposé, afin de produire deux coups de fouet pendant un tour de l'arbre O, l'un à droite, l'autre à gauche; de plus, ces cammes sont calées sur l'arbre de manière à faire fonctionner

(1) On pourra se rendre compte de la forme de cette camme en examinant le dessin du métier à mérinos, représenté pl. 33, dont les dispositions des principaux organes sont, comme nous l'avons dit, presque semblables à celles du métier à toile que nous décrivons, de telle sorte que les 2 dessins se complètent l'un par l'autre; nous sommes arrivé ainsi à éviter les répétitions.



leur chasse-navette respectif pendant que la chaîne est ouverte, c'est-à-dire lorsque l'une des marches est complétement levée pendant que l'autre est entièrement baissée.

Boites a navettes et fonction des heurtoirs. — L'extrémité de la masse J, du battant ou chasse, forme une espèce de boîte dans laquelle vient se loger la navette pendant l'intervalle qui existe entre chaque lancée ; et comme il importe essentiellement que le métier s'arrête si la navette, pour une cause ou pour une autre n'arrive pas jusqu'au fond de la boîte, cette dernière est munie d'un petit appareil fort simple qui détermine le débrayage immédiat lorsque la navette n'exécute pas entièrement sa course.

A cet effet, dans l'épaisseur de la boîte (fig. 5, 6 et 7), est renfermé un levier horizontal n, dit *soupape*, et qui a pour point fixe une cheville en fer; ce levier-soupape présente à l'intérieur de la boîte une partie convexe assez saillante (fig. 6), que la navette doit nécessairement comprimer à son entrée dans la boîte. Derrière la soupape appuie constamment un levier n' fixé sur un axe en fer n^2, qui règne dans toute la longueur du battant, et qui est supporté par de petits paliers en fer fixés à celui-ci. Cet axe porte vers chaque extrémité une sorte de doigt en fer y' qui vient buter sur les heurtoirs Y (fig. 1, 2 et 3), montés sur les côtés des montants B et B' du bâti, au moyen de boulons engagés dans des coulisses (fig. 3), lesquelles permettent à ces heurtoirs de se reculer sous l'action du doigt, ainsi que nous l'expliquerons plus loin.

Lorsque la navette arrive au bout de sa course, la soupape n, repoussée en dehors par la navette elle-même, fait reculer le levier n', et par suite l'arbre n^2 tourne et fait lever le doigt y', de telle sorte que le mouvement du battant, qui alors frappe la duite aussitôt après le passage de la navette, peut s'accomplir sans provoquer aucun arrêt, parce que le doigt y' peut passer librement au-dessus du heurtoir Y.

Mais si la navette est subitement arrêtée dans sa course, la soupape n ne se trouve pas repoussée par elle, et alors reste immobile ainsi que le levier n', qui en suit tous les mouvements ; il en résulte naturellement que le doigt y' conserve sa position inclinée et qu'alors le battant s'avançant pour frapper la duite, ce doigt n peut rencontrer un cran ménagé au heurtoir Y, sur lequel il vient buter, il oblige ainsi ce heurtoir à glisser dans sa coulisse et à s'avancer vers la droite (fig. 2), pour pousser une sorte de petite béquille z. Celle-ci est fixée au levier à ressort Z, qui est relié, au moyen d'une petite tige, à la fourchette de débrayage Z', laquelle embrasse la courroie motrice, et a son point d'oscillation sur un support Z^2 (fig. 2) fixé au bâti.

Le levier à ressort Z, garni d'une poignée à sa partie supérieure, reste embrayé dans une entaille pratiquée dans le garde-navette; position qu'il abandonne, lorsque le heurtoir le repousse en avant, pour reprendre de lui-même sa position normale, qui est le débrayage.

Du casse-trame. — Le casse-trame, comme son nom l'indique, est un petit appareil dont la mission est d'arrêter le métier aussitôt que la trame vient à se rompre, ou lorsque la canette de fil contenue dans la navette se trouve épuisée.

Cet appareil se compose d'un levier vertical en fonte E^2, dit *casse-trame*, ayant son axe d'oscillation sur un fort boulon e^3 (fig. 2) fixé sur le côté intérieur du bâti; l'extrémité supérieure de ce levier est munie d'une petite saillie ou dent et sa partie inférieure est reliée à un levier horizontal E^3, dont l'extrémité reçoit l'action du galet a^2 (fig. 2), monté sur une petite manivelle a^3 fixée sur l'arbre à cammes O; de sorte qu'à chaque tour de cet arbre, le levier E^3 est soulevé d'une quantité égale au rayon de ladite manivelle, et le levier E^2 est reporté en avant d'une quantité correspondante.

Sur le garde-navette Z^2 est monté le levier en fonte b', articulé d'un bout sur le boulon b^2 (fig. 2), tandis que de l'autre il est garni d'une petite tige à tête sphérique dans laquelle est engagée la tringle du support e', qui reçoit sur un axe à pivot la petite fourchette e^2, dite *fourchette-casse-trame*. Un côté de cette fourchette se termine par une saillie formant un crochet qui, dans la position représentée fig. 1 et 3, rencontre la dent dont est pourvue la tête du levier E^2; l'autre côté de la fourchette e^2 se divise en trois branches (fig. 1) coudées presque à angle droit.

Sur la masse J du battant, entre le peigne j et le montant de chasse J′ sont fixées de petites tiges formant des dents un peu plus fortes que celles du peigne, et dont les intervalles correspondent exactement aux dents de la fourchette e^2, de telle sorte que ces dernières peuvent rentrer entre lesdites petites branches ajoutées, chaque fois que la chasse vient frapper une duite.

De ces dispositions il résulte que lorsque la trame n'est point cassée, elle vient s'interposer entre les petites tiges additionnelles et les dents de la fourchette e^2, ce qui fait basculer celle-ci; alors le crochet dont elle est pourvue se relève et se dégage de la dent du levier E^2, lequel peut, dans ce cas, osciller librement sous l'action du levier E^3 mû par le galet de la manivelle a^2, et cela sans produire aucun effet sur la marche du métier.

Si, au contraire, la trame est épuisée ou cassée, la fourchette e^2 trouve le passage libre entre les dents du peigne et elle reste dans la position indiquée sur le dessin. Dans cette position, lorsque le levier E^2 recule par l'action du galet a^2, la dent supérieure de ce levier rencontre le crochet de la fourchette e^2 et l'entraîne dans son mouvement de recul, en déplaçant avec cette fourchette son support e' et aussi le levier b' qui porte tout le mécanisme. Ce levier b' tourne alors sur son centre d'oscillation b^2 (fig. 2) et dans sa course repousse le levier de détente Z, qui accomplit le débrayage du métier, comme nous l'avons vu plus haut.

Ce même mouvement du levier b' détermine aussi l'arrêt du régulateur, afin de prévenir l'enroulement du tissu lorsque la trame se casse. A cet effet, l'arbre i qui, comme nous l'avons vu, est muni du contre-cliquet h^3 (fig. 1), dont la mission est de soulever le rochet h' commandant le mécanisme du régulateur pour amener son arrêt, cet arbre, disons-nous, est muni à son extrémité opposée à celle qui porte le contre-cliquet h^2, d'un petit levier d' (fig. 2, pl. 32 et 33) qui se trouve repoussé par le levier b'. Ce mouvement provoque le soulèvement du rochet h' et suspend pour un moment l'enroulement du tissu.

On répare alors la trame cassée et l'on remet le métier en marche, en repoussant le levier de détente Z dans l'entaille qui le tient embrayée; par ce mouvement, le levier b' se trouve replacé dans sa première position, en abandonnant le rochet h', et la fourchette Z' fait passer la courroie de la poulie folle M' sur la poulie fixe M.

Les dispositions et l'agencement des mouvements d'un tel métier permettent de lui donner une vitesse assez considérable; ainsi le métier que nous décrivons marche à une vitesse de 120 coups par minute, pour une largeur de 1m50 entre les batis; lorsque la largeur augmente, la vitesse doit être moindre afin de laisser à la navette le temps de parcourir sa course.

DESCRIPTION DU MÉTIER A TISSER LE MÉRINOS

REPRÉSENTÉ PLANCHE 33.

Le métier à mérinos représenté par les différentes vues de la pl. 33, se compose, comme nous l'avons dit, des mêmes éléments que le métier à toile. Nous ne reviendrons pas sur la description des parties communes aux deux métiers dont nous avons eu le soin de désigner les mêmes pièces par les mêmes lettres, nous nous attacherons seulement à en faire remarquer les différences.

La fig. 1re est une section transversale, montrant la relation de tous les organes qui constituent le métier.

La fig. 2 est une vue de face du métier complet.

La fig. 3 est un plan des marches et de leur commande.

La fig. 4 représente en détails, sous trois vues différentes, la camme qui commande les fouets.

La fig. 5 est une vue de face du régulateur d'enroulement du tissu.

Et la fig. 6 montre, à l'échelle de 1/5, le plan et l'élévation du temple mécanique destiné à maintenir la largeur uniforme du tissu.

La disposition de la chaîne sur le métier est exactement la même que celle du métier à toile; les fils enroulés sur l'ensouple A se rendent sur un rouleau en bois E, qui remplace la poitrinière du métier à toile et de là traversent les lames ou lisses, au nombre de quatre R', R², R³, R⁴. Sortant des lisses, les fils de chaîne x et x' traversent les dents du peigne

ou rot *j* établi sur le battant J, disposé exactement comme pour le métier à toile; le tissu se forme en avant du battant, passe sur la poitrinière E' et s'enroule sur l'envideur F après avoir embrassé une partie de la circonférence du rouleau d'appel F', garnie de papier de verre.

Ce rouleau est muni à ses extrémités de tourillons qui tournent dans de petits paliers venus de fonte avec les flasques B, B' du bâti; l'envideur repose par ses extrémités dans les têtes de deux leviers *c'* munis de contre-poids *c*, qui ont pour but de le maintenir continuellement en pression avec le rouleau d'appel F', lequel, comme on se le rappelle, reçoit la commande du régulateur pour appeler l'étoffe et la faire enrouler sur l'envideur qu'il entraîne dans son mouvement intermittent de rotation. Une fois l'étoffe tissée, l'envideur se remplace avec la plus grande facilité.

Régulateur.—Comme dans le métier à toile, l'axe du rouleau d'appel F' est muni de la roue dentée G, qui engrène avec le pignon *g* faisant corps avec la roue G', et tournant librement sur un axe prisonnier, que l'on peut mobiliser au besoin dans la coulisse du support *g'* fixé sur le côté du bâti. La roue G' engrène avec le pignon *h*, solidaire avec la roue à rochet H, et montés tous deux sur un axe prisonnier dans ledit support *g'*.

La roue H est commandée par le cliquet *h'* articulé au levier I, qui est muni d'une coulisse dans laquelle pénètre un goujon fixé au montant de chasse, de telle sorte que celui-ci, à chaque oscillation, produit sur le levier I un mouvement, dont l'amplitude peut aisément être modifiée en déplaçant le goujon dans la coulisse, suivant les différents genres d'étoffe que l'on tisse. Par ce mouvement du levier I, son cliquet *h'* fait tourner, comme il a été dit, la roue H d'une certaine quantité, et celle-ci le rouleau d'appel, par l'intermédiaire des divers engrenages G et G', et de leurs pignons *h* et *g*.

Le second cliquet h^2 (fig. 2 et 5), monté sur un prisonnier fixé au bâti, est maintenu engrené avec la roue H au moyen d'un poids dont son extrémité est pourvue. Ce cliquet a pour but, comme on sait, d'empêcher tout mouvement inverse de la roue H et par suite de prévenir le déroulement de l'étoffe lorsque le cliquet *h'* se recule en se dégageant des dents de la roue pour s'engager dans celles qui précèdent.

Chaque fois qu'un fil de trame vient à se casser, le petit axe en fer *i*, (fig. 2) qui règne dans toute la largeur du métier, est mis en mouvement de façon à soulever le doigt h^3, fixé à l'extrémité et qui présente, comme on le voit fig. 5, une petite saillie s'engageant dans les dents de la roue H pour faire l'effet du contre-rochet, mais dont le but principal est de soulever le rochet *h'*, chaque fois que le bris de la trame met en mouvement l'arbre *i*. Une fois le rochet *h'* soulevé au-dessus de la denture de la roue H, celle-ci ne reçoit plus aucun mouvement et l'enroulement de l'étoffe n'a plus lieu.

Le mouvement qui produit l'arrêt momentané du régulateur est produit par le petit mécanisme casse-trame, qui provoque en même temps l'arrêt immédiat du métier. Ce casse-trame est d'une disposition exactement semblable à celui du métier à toile précédemment décrit.

On reconnaît, à l'examen des fig. 1 et 2, le levier E^2 dont la tête est munie de la dent destinée à entraîner la fourchette casse-trame e^1. Ce levier est actionné, comme nous l'avons vu, par celui E^3, à l'extrémité duquel agit le galet a' monté sur la manivelle a^2 (fig. 2), fixée sur l'arbre intermédiaire O.

Des lames et de leur mouvement. — Les lames sont au nombre de quatre dans ce métier; elles sont reliées ensemble deux par deux au moyen des courroies o, qui passent sur des poulies o' placées à la partie supérieure du métier. C'est ainsi que la première lame R' agit conjointement avec la troisième R^3 et la deuxième R^2, avec la quatrième R^4; il s'en suit que lorsque la première lame s'abaisse, la troisième s'élève, et ainsi des autres.

Chacune des lames est reliée à l'une des marches U', U^2, U^3, U^4 par l'intermédiaire des contre-marches S',S^2,S^3,S^4 et des tire-lisses o^2, comme pour le métier à toile. Les marches ont leur centre d'oscillation sur le support en fonte T fixé sur l'une des traverses B^3 du bâti. Une fourchette en fonte t sert de guide aux marches pendant leur mouvement de va-et-vient.

Sur l'arbre coudé L, en dehors du bâti, est fixé un pignon denté qui engrène avec la roue N' (fig. 2), d'un diamètre double, fixée sur l'arbre O. Celui-ci traverse la largeur du bâti et est supporté, à la fois, au moyen de paliers fondus avec les montants extrêmes, et aussi par les deux paliers intermédiaires O^2, boulonnés au châssis en fonte O^3, ce dernier faisant partie des traverses B^2 réunies aux doubles T en fonte B^3, reliant les deux flasques extrêmes du bâti.

Aux deux extrémités de l'arbre O sont fixées les deux cammes Q et Q' (fig. 2 et 4) qui effectuent le lançage de la navette.

D'autres cammes P', P^2, P^3 et P^4 (fig. 1 et 3), commandent les marches; elles sont fixées sur le petit arbre intermédiaire O', supporté aux deux bouts par deux petits paliers rapportés sur les traverses en fonte B^4. L'arbre O' reçoit son mouvement de l'arbre O au moyen du pignon p' et de la roue p^2 d'un diamètre double.

Il s'en suit que l'arbre O' est animé d'une vitesse de rotation deux fois moindre que celle de l'arbre O, et quatre fois moins considérable que celle de l'arbre moteur L, de sorte qu'à chaque tour de l'arbre à cammes, les lisses peuvent occuper quatre positions différentes; ainsi l'arbre O, sur lequel sont calées les cammes des fouets, fait deux tours, par conséquent quatre coups de fouet sont donnés; pendant ce temps l'arbre moteur fait quatre tours, lesquels produisent alors quatre coups de chasse correspondant aux quatre positions des lames.

Les cammes R′, R², R³ et R⁴ qui donnent le mouvement aux marches et par suite aux lames, comme il vient d'être dit, sont fixées à angle droit, l'une par rapport à l'autre, de façon à produire le déplacement des lisses suivant l'ordre que nous allons énumérer.

Supposons les lames dans la position indiquée fig. 1re, c'est-à-dire la 2e et la 3e lisse levées : la 2e position aura la 2e et 1re lisse levées ; la 3e position, la 1re et la 4e ; et la 4e position, la 4e et la 3e. Ce qui produit des croisements qui affectent une direction diagonale sur la surface du tissu, c'est ce qu'on appelle armure *croisée* ou *batavia*.

La fig. 4 montre la disposition de la camme des fouets pour obtenir son réglage parfait sur l'arbre O. Dans ce but le moyeu q' est indépendant et se relie à la camme proprement dite au moyen d'une petite denture intérieure et de deux boulons. Le moyeu q' étant claveté sur l'arbre O, si l'on a besoin de régler la position de la camme, il suffit de desserrer les boulons qui la retiennent, et de la déplacer d'une dent ou de deux suivant le besoin.

La pointe de la camme Q, qui produit le choc nécessaire à la lancée de la navette, s'use assez rapidement ; il faut, par conséquent, pouvoir la changer sans être obligé de démonter le métier. Dans ce but, on fait usage d'une pointe rapportée q, que l'on fixe au moyen d'un boulon qu'il suffit d'enlever pour changer la pointe usée.

Temple mécanique. — Dans tous les métiers à tisser, au fur et à mesure que l'opération s'avance, le tissu sous l'influence rétractile, tente à se rétrécir d'une manière notable. On fait usage, pour obvier à cet inconvénient, d'un petit appareil nommé *temple* ou *templet* qui a justement pour but de maintenir l'étoffe dans une largeur identique à celle que la chaîne occupe dans son passage au peigne, et, sauf quelques rares exceptions, tous les tissus et surtout le mérinos exigent l'emploi d'un temple.

Il existe divers systèmes de temples : les plus simples sont composés de règles mobiles dont on varie l'écartement suivant la largeur du tissu au moyen de coulisse ou de vis de rappel, puis d'autres plus compliqués dits mécaniques (1). Celui de M. Bruneaux, représenté à l'échelle de 1/5 (fig. 6), est un temple mécanique ; mais ses dispositions, comme on peut s'en rendre compte, sont simples. Il se compose d'une platine en fonte T′ que l'on fixe contre la poitrinière E′ du métier, et sur laquelle peut glisser, au moyen de la vis de rappel t', une sorte de petit chariot T². Ce chariot, recourbé à angle droit, reçoit une petite molette en cuivre t^2 garnie de pointes fines destinées à pénétrer dans les bords de l'étoffe.

(1) Dans le *Génie industriel*, vol. XIV, nous avons donné le dessin d'un temple dit *mécanique continue*, par MM. Pradine et Cie, de Reims, et, dans le vol. XVII du même Recueil, un temple de l'invention de M. Keine.



Cette molette est logée à l'intérieur d'une petite cavité pratiquée à l'extrémité du chariot, lequel est pourvu d'une sorte de doigt arrondi destiné à guider le tissu, en l'obligeant à s'appliquer sur une partie de la circonférence de la molette garnie d'aiguilles. Une autre pièce *u'*, dont on peut régler bien exactement la position au moyen de petites vis de rappel, entoure la molette du côté du bord du tissu, afin que celui-ci ne puisse s'échapper des aiguilles et que par suite le fonctionnement du temple se trouve assuré.

Un appareil semblable, quant à la fonction, mais dépourvu de vis de rappel, est établi à l'autre bord de l'étoffe, de manière à en maintenir constamment l'écartement, lequel peut du reste être modifié à volonté au moyen de la vis de rappel *t'* dont le temple est muni.

Ce système de métier à mérinos peut marcher à la vitesse de 130 à 140 coups de chasse par minute pour des tissus de 1m25 à 1m45 de largeur ; quant à sa production, elle varie suivant le numéro des fils employés et le genre de travail que l'on veut faire.

Nous avons vu chez M. Dauphinot, à Reims, des métiers analogues construits par M. Pierrard-Parpaite, donner jusqu'à soixante mille duites par jour, et une femme conduire deux métiers semblables, pour les mérinos croisés ; elle est payée à raison de 3 centimes par mille duites.

Le métier est susceptible de recevoir des emmarchements à 2, 3 et 5 pas, ainsi que des armures à disques pour faire mouvoir au besoin 12 lames, et produire par conséquent tous les tissus en laine peignée et cardée.

Comme le métier à toile, ce métier à mérinos fonctionne avec une régularité parfaite, tous les mouvements s'effectuent très-facilement et les débrayages s'opèrent avec la plus grande précision.

RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX

SUR LES MÉTIERS MÉCANIQUES A TISSER.

Dans un recueil officiel, publié par ordre du Ministre du commerce et des travaux publics, sur l'*Enquête* ouverte en 1860 par le *Conseil supérieur de l'agriculture, du commerce et de l'industrie,* au sujet du *traité de commerce avec l'Angleterre,* nous trouvons sur les métiers mécaniques à tisser diverses appréciations que nous allons essayer de réunir, convaincu qu'elles présentent un véritable intérêt, en ce sens, que ce sont des renseignements fournis par les manufacturiers les plus notables et les industriels les plus compétents de France et d'Angleterre.

Pour chacune des trois grandes industries qui comprennent : le *tissage du lin, du chanvre et du jute, le tissage du coton et le tissage de la laine,* cette enquête donne d'utiles renseignements sur les avantages que présente l'emploi des métiers mécaniques, sur leur production et les

prix de revient du tissage, ainsi que sur le prix d'achat des métiers et la force motrice nécessaire pour les faire fonctionner.

TISSAGE DU CHANVRE, DU LIN ET DU JUTE.

M. *Dickson*, filateur de lin à Dunkerque. — Le seul avantage qu'offre le tissage mécanique sur le tissage à la main, c'est que, quand il est en bonne marche, la toile est plus régulièrement tissée et plus estimée que celle faite à la main; mais elle ne coûte pas meilleur marché.

M. Dickson estime qu'un métier à la mécanique fait dans un jour trois fois autant de toile à voiles qu'un bon ouvrier à la main, et, en toile de ménage commune et d'emballage, une fois et demie autant.

Un bon ouvrier peut faire 20 à 30 mètres de toile à voiles et 50 mètres de toile d'emballage par jour. Quant à la force nécessaire pour mettre en mouvement les métiers, on peut compter sur 5 métiers de toile à voiles par cheval, 8 métiers de toile d'emballage, et 10 à 12 métiers de toile de ménage, le tout avec bobinage, ourdissage, etc.

M. *Colombier-Batteur*, filateur et tisseur à Lille, est du même avis que M. Dickson; c'est-à-dire que, suivant lui, les toiles faites à la mécanique coûtent le même prix que les toiles faites à la main. Seulement le tissu mécanique est plus régulier. La toile légère, dit-il, ne peut se faire à la mécanique, et, comme toutes les filatures ne filent pas parfaitement bien, que toutes les matières ne sont pas parfaitement solides, il pense que le tissage à la main se développera toujours dans la même progression que le tissage mécanique, car ils produisent des tissus différents.

Un métier mécanique produit généralement, à qualité et à largeur égales, quatre fois plus qu'un métier à la main. Il faut pour des toiles moyennes la force d'un cheval pour faire marcher 8 métiers mécaniques et leur préparation.

Pour tisser la toile moyenne les métiers mécaniques coûtent, en France, 500 francs, en Angleterre 350 francs. On peut compter 1,800 francs par métier battant, pour les bâtiments, les machines à vapeur, les métiers et les préparations.

M. Colombier-Batteur estime que toutes les préparations, non compris le tissage d'une toile moyenne mécanique, coûtent de 11 à 12 centimes le mètre. Chaque métier demande un ouvrier pour son service.

M. *Mulholland*, fabricant de fil et de tissus à Belfast (Irlande). — Lorsqu'on tisse à la mécanique, il faut employer un fil de qualité supérieure, plus régulier et plus cher, et le métier rend la quantité exactement correspondante au fil et à la trame qu'on lui fournit. La toile est toujours un peu plus coûteuse, mais meilleure. Il n'en est pas de même quand on fait tisser en dehors des ateliers. Le métier mécanique produit deux fois plus que le métier à main et quelquefois davantage.

Le prix des métiers en Écosse est très-variable; les plus simples sont de 250 à 275 francs; pour les tissus plus lourds, ils sont de 275 à 500 francs, et, pour le tissage des damassés et des étoffes d'un mètre 3/4 à 2 mètres, de 750 à 1,500 francs.

M. *Joubert*, filateur et tisseur à Angers. — Pour la toile à voiles, le tissage mécanique est préférable au tissage à la main, parce que les fils sont gros, et

que par suite ils peuvent résister, tandis que les fils qu'il faut employer pour les tissus fins cassent à chaque instant.

Pour ce qui concerne la toile à voiles, le tissage mécanique doit faire disparaître nécessairement le tissage à la main dans les villes ou centres industriels, mais bien plus lentement dans les campagnes; car ce tissage rural se fait à des conditions de bon marché auxquelles il est difficile de descendre même avec les moyens mécaniques.

Un métier mécanique, pour toile à voiles, produit autant que 4 métiers à la main. Il faut environ, pour faire marcher 3 métiers, la force d'un cheval; cinq ouvriers sont nécessaires pour la conduite de 3 métiers.

M. *C. Homon*, tisseur de lin à Morlaix. — Le métier Parker, employé presque exclusivement en France pour le tissage des toiles à voiles, coûte, chez le constructeur à Dundée 1,325 fr., avec tous ses accessoires. Rendu en France, il revient à 1,900 fr. En outre, il faut bien des choses pour établir un métier. Ainsi, les 52 métiers de toile à voiles montés chez M. Homon, lui reviennent à 195,000 ou 196,000 fr., et les métiers pour toiles de 9 à 12 fils, à environ 3,000 fr. le métier.

M. *Saint aîné*, tisseur de lin et de jute à Flixecourt. — L'importance générale du tissage mécanique des toiles est, en France, de 40 millions de francs pour 2,000 métiers; en Angleterre elle est beaucoup plus considérable. Ainsi pour le jute, on tisse en France 5 à 6 millions de kilogrammes, et en Angleterre à peu près 50 millions de kilog. La proportion du tissage à la main est de 81 pour 100 contre 19 pour 100 à la mécanique.

L'établissement de M. Saint aîné produit en moyenne 30,000 mètres par jour de toile d'emballage et de toile à sacs, qui représentent une valeur de 4 millions de francs par an. L'opération du tissage augmente en moyenne de 10 pour 100 le prix du filé mécanique et à la main.

Pendant les six derniers mois qui ont précédé le traité de commerce, les toiles de jute se vendaient : en Angleterre, 80 centimes le kilog.; en France 1 fr. 35 c. le kilog.

La proportion entre la production d'un métier à la main et celle d'un métier à la mécanique est de 95 pour 100 en faveur de ce dernier : ainsi un métier à la main produit 40 mètres, et un métier mécanique produit 78 mètres du même article.

Pour les principales espèces de toiles qui se font mécaniquement, 250 métiers avec préparations emploient 60 chevaux de force motrice.

Les prix des métiers mécaniques à tisser pour ce genre de toile sont, en Angleterre, de 400 fr.; en France, de 500 fr.

M. *Jacquemet*, tisseur de lin et de chanvre à Voiron. — Dans la production des toiles qui servent principalement pour draps de lit et chemises, ainsi que les toiles croisées pour linge de table, dites treillis et coutils, l'opération du tissage fait varier la valeur du filé d'un tiers ou d'un quart suivant la finesse des tissus.

La proportion existant entre la production d'un métier à la main et celle d'un métier mécanique est de 1 à 3, à cause de la force extraordinaire des toiles, et parce que l'ouvrier à la main est obligé de donner deux coups de battant pour chaque passage de navette.

Pour 4 métiers mécaniques, pour tissus de 1^{m}15 de largeur, et les machines

accessoires pour les préparations, telles que machines à parer, à ourdir et à bobiner, la force d'un cheval vapeur de 75 kilogrammètres est nécessaire.

Le prix du métier à tisser les fortes toiles est évalué de 1,000 à 1,200 francs, et M. Jacquemet estime que l'établissement d'un tissage mécanique avec tous ses accessoires peut s'élever de 2,000 à 2,500 francs par métier battant.

Le travail préparateur de la chaîne et de la toile coûte autant que celui du tissage proprement dit.

M. *Dequoy,* tisseur et filateur à Lille. — Jusqu'à présent le tissage mécanique pour les tissus de lin est appliqué aux tissus forts employant de gros numéros de fils. Dans la production des toiles de fils écrus et de fils blanchis, le métier mécanique, comparé à un métier à main, peut produire le double.

La force employée pour 100 métiers mécaniques est évaluée, par M. Dequoy, à 20 chevaux, et un tissage mécanique d'un même nombre de métiers avec les préparations accessoires, moteurs et bâtiments, coûte de 200,000 à 250,000 fr. en France; en Angleterre, il coûte beaucoup moins.

Chaque métier à tisser nécessite un ouvrier pour le conduire, et les préparations qui précèdent le tissage demandent autant d'ouvriers, c'est-à-dire que 100 métiers occupent au moins 200 ouvriers.

Pour les tissus de lin fabriqués par M. Dequoy, le tissage mécanique ne produit pas à meilleur marché que le tissage à la main.

M. *Scrive,* tisseur et filateur à Lille, estime que l'importance générale du tissage en France est environ de 2,500 métiers mécaniques et de 20,000 métiers à la main, nombre qui s'élève à 25,000 pendant la saison qui n'occupe pas les ouvriers aux travaux de la campagne.

Un métier mécanique produit deux fois et demie autant qu'un métier à main; 6 métiers nécessitent la force d'un cheval. Un tissage mécanique de 100 métiers coûte 200,000 francs.

M. *A. Laniel,* ancien manufacturier à Vimoutiers. — Le métier mécanique, système le plus perfectionné pour toile très-forte, peut faire en moyenne 110 révolutions par minute; il faut, en mettant un ouvrier à chaque métier, compter, sur les douze heures de travail effectif, la moitié pour le service du métier. Ce n'est donc que sur un travail effectif de six heures qu'il faut compter pour estimer la production réelle du tissage, soit 360 minutes à 110 duites, qui donnent un total de 39,600, ou, sur un tissu comptant en trame 20 fils au centimètre, une production totale de 19 mètres 50 par jour.

En fabriquant des tissus de force moyenne ou légère, on peut diminuer la durée du service et n'accorder que 4 heures, ce qui augmentera la production d'un tiers.

Pour le même genre de tissus 4 à 5 métiers à la main peuvent produire autant qu'un métier mécanique. L'avantage du tissage mécanique est de produire promptement une grande quantité de mètres de toile exactement pareille.

La force motrice employée pour le tissage mécanique ne peut se calculer que sur la largeur et la force du tissu. On peut compter pour les préparations de 31 à 40 pour cent de la force totale.

M. *Feray,* fabricant de linge damassé, à Essonnes. — La proportion entre la production d'un métier mécanique et celle d'un métier à la main, varie suivant la sorte de tissus : pour les toiles, le métier mécanique produit un peu plus

du double ; pour les linges ouvrés et damassés ordinaires, le produit, jusqu'ici, ne s'est pas élevé à plus de 60 pour cent sur le métier ordinaire.

Pour la force motrice, comme dans ses ateliers il y a des métiers de diverses largeurs, M. Feray estime que le tissage absorbe environ un cheval vapeur de 75 kilogrammètres pour 2 métiers 1/2, y compris les machines préparatoires. Pour les métiers 3/4, qui sont plus légers, la force d'un cheval pourrait en actionner 5, et 4 tissant des toiles lourdes.

La proportion entre les prix des métiers mécaniques et des machines accessoires, en France et en Angleterre, est comme 160 est à 100.

Les frais d'établissement, en France, d'un tissage de 100 métiers, faisant par moitié de la toile et moitié des linges ouvrés et damassés ordinaires, comprenant le bâtiment, le moteur, la transmission, le chauffage, l'éclairage, s'élèveraient environ, par métier battant, à 3,000 francs.

Les préparations qui précèdent le tissage, y compris le lessivage ou crémage, revient à environ 20 pour cent du fil écru.

M. *Danset,* fabricant de linge de table et de linge damassé à Halluin. – La production des métiers est plus ou moins forte, suivant la finesse et le genre des tissus ; on peut prendre pour moyenne 10 mètres par jour à la main, et 25 mètres à la mécanique pour les toiles unies. La force d'un cheval de 75 kilogrammètres fait agir 4 métiers.

Le prix des métiers varie beaucoup ; ainsi le métier pour la toile à voile coûte, en France, 1,800 fr. ; le métier pour la toile ordinaire ne coûte que 500 fr.

Les préparations qui précèdent le tissage sont, en France, d'environ 20 pour cent.

M. *Lemaître-Demeestère,* fabricant de linge de table à Halluin. — L'opération du tissage ajoute un tiers de la valeur pour les toiles écrues, la moitié pour les toiles blanches, et 40 à 200 pour cent pour les linges de table. Le métier mécanique produit le double pour la toile. Un métier battant revient à 2,600 francs. Les préparations reviennent à 18 pour cent.

M. *Pouchain,* fabricant de toile et de linge damassé à Armentières. — Il est difficile d'établir une proportion exacte entre la production du métier à la main et celle du métier mécanique. Les genres de toiles qui se font mécaniquement ne se tissent plus à la main ; on peut compter en moyenne sur une production par semaine de 150 mètres pour le tissage mécanique et de 60 mètres à la main.

Un métier mécanique pris en Angleterre, pesant 700 kilog., coûte 375 fr. En France, un métier de même poids coûterait 600 fr.

Un établissement de 100 métiers battant coûte 200,000 francs. Les préparations précédant le tissage reviennent à 15 pour cent en moyenne.

En Angleterre, en général, un seul homme conduit 2 métiers et gagne 10 à 12 francs par semaine ; en France, un ouvrier ne conduit qu'un seul métier et gagne 14 à 15 francs.

M. *Bertrand-Milcent,* fabricant de toiles de batiste et de linon à Cambrai. — Dans les tissus de toiles fines légères, des chemises et des devants de chemises, des mouchoirs de batiste, etc., la valeur ajoutée au filé par le tissage, le blanchiment et l'apprêt est, en moyenne, de 80 pour cent. Dans ces 80 pour cent le blanchiment et l'apprêt entrent environ pour 15 pour cent. En pre-

nant une toile faite de n° 40 de chaîne, pour moyenne, et le même duitage de 14 duites, on trouve que l'on peut tisser 20 à 25 mètres mécaniquement et 10 à 12 mètres à la main. On peut faire mouvoir un assortiment de 100 métiers avec 10 chevaux de force.

Les métiers à tisser, pris en Angleterre, coûtent de 250 à 375 francs; en France, il faut compter de 500 à 750 fr. On peut évaluer à 2,000 fr. par métier la dépense nécessaire à l'établissement d'un tissage; tout est compris dans cette évaluation, bâtiment, moteur, transmission, préparations et accessoires.

M. *Garnier*, fabricant de coutils à Laval. — Des essais ont démontré que les métiers mécaniques sont inapplicables à notre genre de fabrication. Les métiers mécaniques ne s'emploient utilement que quand on continue, pendant un laps de temps assez long, le même genre de travail, ce qui n'a pas lieu pour nos articles; le tisserand ne fait pas trois fois de suite la même pièce à cause de la variété des dispositions.

M. *Cornilleau*, fabricant de tissus de lin, au Mans. — Dans un temps donné, le tissage mécanique remplacera le tissage à la main. La plus-value donnée au fil par l'opération du tissage peut s'évaluer à 30 pour cent. Le métier mécanique produit en moyenne cinq fois plus que le métier à la main. La force motrice peut se calculer ainsi : 25 chevaux vapeur pour 100 métiers mécaniques avec tous les accessoires. En Angleterre, les métiers valent de 700 à 800 fr.; ils sont au même prix en France; mais les métiers français sont plus légers, et par conséquent moins forts que les métiers anglais. On peut évaluer à 2,000 fr. par métier, accessoires compris, le prix d'un tissage mécanique.

TISSAGE DU COTON.

M. *Pouyer-Quertier*, filateur et tisseur de coton à Rouen. — La perfection du produit du métier à tisser mécanique lui donne une valeur plus considérable à la vente, et si l'économie n'est pas considérable sur le prix de revient, elle devient énorme par rapport à la qualité et à la régularité de la fabrication. Aussi ne se fait-il que peu ou point de calicot à la main pour impression. Ces produits auraient d'ailleurs une valeur de près de 10 pour 100 en moins, au même prix de revient, soit 3 ou 4 centimes par mètre.

Un cheval-vapeur peut conduire 4 métiers avec les accessoires, bobinage, ourdissage, etc.

M. *Edouard Gros*, de la maison Gros, Odier, Roman et Ce, fabricants de fils et de tissus à Hüsseren-Wesserling. — L'expérience indique qu'une force d'un cheval ne mène convenablement que 7 à 8 métiers à tisser en tissus unis, 6 à 7 métiers en tissus ouvragés sans préparations, et 5 à 6 avec préparations. En admettant, pour les métiers à tisser, une vitesse moyenne de 130 à 140 coups de navette par minute, sauf les apprentis, un ouvrier, homme ou femme, mène deux métiers battants. En raison de la diversité des articles et de leur complication, la moyenne des métiers mécaniques de la maison Gros, Odier et Ce, ne dépasse pas 65 pièces de 50 mètres; soit 3,250 à 3,500 mètres par métier.

La façon du tissage à bras (main d'œuvre et frais généraux) dépasse toujours la moitié de la valeur des filés employés, tandis que celle du tissage mécanique reste toujours au-dessous.

M. *J. A. Schlumberger*, filateur et tisseur à Mulhouse. — Un métier pour

calicot ou percale, de construction française, coûte, équipage, peigne, navette, etc., compris, environ 400 fr. Un métier pour velours, environ 650 fr. Le tissage complet, avec bâtiment, moteur, transmission de mouvement, chauffage, éclairage, métiers et machines préparatoires, mais sans aucune dépendance, est revenu à M. Schlumberger à 1,030 fr. pour calicot et croisés, à 1,280 fr. pour tissus de velours.

Les moteurs sont deux machines à vapeur; on estime qu'il faut un cheval-vapeur pour 2 à 2 métiers 1/2 à velours, et 6 à 8 métiers en tissus, calicots, percales ou croisés, suivant la force des tissus et suivant la vitesse des métiers, qui varie de 120 à 180 coups de navette par minute, suivant la qualité des tissus.

Pour deux métiers il y a un ouvrier; il faut excepter les ouvriers qui n'en conduisent qu'un.

En calicot ordinaire de 90 centimètres de large et de 14 à 15 fils carrés aux 5 millimètres, on produit 7,500 mètres par an et par métier; en velours, la production est de 1,200 à 1,500 mètres.

M. *Boigeol-Japy*, fabricant de fils et de tissus de coton, à Giromagny. — Les métiers français coûtent de 300 à 350 fr. Les métiers anglais, rendus en Alsace, reviennent de 500 à 550 fr. Il faut la force d'un cheval pour 6 à 8 métiers. Une ouvrière conduit deux métiers. La production varie selon le nombre de duites, et le rendement est de 6 à 40 mètres par jour, suivant la force du tissu.

M. *C. Thorel*, fabricant de tissus de coton de couleur, à Rouen. — Le métier mécanique, pris en Angleterre, livré à Bradford, coûte de 450 à 500 fr. Avec les rechanges de pignons, avec la quantité de marches, avec boîtes à six navettes révolvantes, enfin avec tout ce qu'il faut pour qu'il fonctionne, le métier mécanique ne revient pas à moins de 1,000 fr. rendu en France. Le prix de revient d'un métier complet, prêt à marcher, mais sans le bâtiment, est estimé à 1,350 fr.

Un cheval-vapeur peut mener quatre à cinq métiers, mais cela varie suivant le nombre de marches employées et selon la vitesse que l'on doit donner pour des laines ou des cotons plus ou moins tordus; à 140 coups de navette on absorbe plus de force qu'à 100 coups; un métier de 8 lames exige plus de force que celui qui fait un article à deux marches, tel qu'une toile.

M. Thorel estime qu'un cheval-vapeur peut faire marcher quatre ou cinq métiers à boîtes circulaires révolvantes. Il faut un ouvrier par métier; pour quelques articles à bas prix, un ouvrier peut conduire deux métiers.

M. *Géliot*, filateur et tisseur de coton, à Plainfaing. — Le prix d'achat d'un métier chez le constructeur est de 350 fr. environ; mais, en y ajoutant le prix des machines préparatoires, c'est-à-dire, bobinoirs, ourdissoirs, machines à parer, le prix du même matériel, la valeur du fonds de la chute, les canaux, roues hydrauliques, transmission de mouvement et bâtiments accessoires, on trouve que, sauf de très-rares exceptions, il n'en coûte pas moins de 1,000 fr. par métier battant pour l'établissement d'un tissage.

Pour tisser du calicot qui présente, par exemple, 27 fils de chaîne et 27 fils de trame au centimètre carré (60 portées de 18 fils), chaque métier peut produire 30 mètres par jour de ce tissu, soit 9,000 mètres par an. Un ouvrier conduit deux métiers.

M. *Hugues Cauvin*, manufacturier à Saint-Quentin. — On peut dire que les tissus communs et légers, dans les qualités ordinaires, peuvent se faire mieux

et plus économiquement avec des métiers mécaniques, mais que les tissus tels que les piqués serrés et fins se font aussi avantageusement et même mieux avec des métiers à bras. Le produit annuel d'un métier faisant de la mousseline brochée et employant par conséquent du coton d'une valeur minime, peut être évalué à 2,600 ou 2,700 fr. Un ouvrier peut conduire deux ou trois métiers. Chaque métier emploie à peu près la huitième partie d'un cheval-vapeur; leur prix est de 1,600 fr.

M. *Sarazin*, de la maison Leboult et Ce, fabricant de tissus de coton, à Saint-Quentin. — Cet établissement possède 90 métiers mus par la vapeur; 28 pour les tissus larges unis, construits par MM. Platt et Ce, de Oldham, ont coûté 310 fr. et sont revenus ports et droits à 495 fr.; 32 métiers, également pour tissus larges unis, construits par Mme veuve André, de Thann, ont coûté 392 fr., 30 métiers construits par André Kœchlin et Ce, de Mulhouse, pour tissus 3/4 façonnés, coûtant 450 fr.; 1 machine à parer pour tissus 3/4 façonnés, 1,926 fr.; 2 machines à parer pour tissus larges, 4,600 fr.; plus les accessoires, tels que bobinoirs, ourdissoirs, rouleaux, jacquarts, battants, etc.

Un ouvrier conduit deux métiers. Le produit annuel d'un métier en moyenne est de 2,920 fr. pour les tissus unis, et de 2,721 fr. pour les mousselines brochées, les piqués et brillantés. Pour les tissus de bas prix, tels que jaconas, nansouks et piqués à une trame, il y a économie à les faire au tissage mécanique; mais pour les mêmes articles en qualités fines, le tissage à la main est préférable comme perfection et comme économie. Les tissus brochés se font aussi bien à la mécanique qu'au tissage à bras; mais à cause des grands frais que nécessite ce genre de fabrication, qui emploie le jacquart, on n'obtient qu'une économie d'un dixième sur les frais comparés.

M. *Chatelus*, fabricant de mousselines, à Tarare. — Le tissage des mousselines se fait très-bien par métier mécanique à Glasgow; il n'existe à Tarare qu'à l'état d'essai, et n'a été appliqué qu'aux articles un peu gros; l'avantage sur le métier à main est de 15 à 20 pour 100.

M. *Cossorat*, fabricant de velours de coton à Amiens. — Les métiers mécaniques propres au tissage des velours de coton coûte 350 fr. pris en Angleterre; mais ils reviennent à 650 fr. rendus à Amiens, droits et ports payés. Les métiers français coûtent 630 à 730 fr., selon le constructeur et suivant le mérite du métier. Ces prix ne comprennent ni le montage ni les accessoires.

Il faut un cheval-vapeur pour faire marcher de 5 à 6 métiers, suivant la force du tissu qu'on fabrique. Une bonne ouvrière peut conduire deux métiers; le salaire est de 85 centimes par kilogr. de tissu : le produit d'un métier est en moyenne de 1 kilogr. à 1 kilogr. 100 grammes par jour.

TISSAGE DE LA LAINE.

M. *Dannet*, fabricant de draps, à Louviers. — Le métier mécanique donne une exécution plus prompte et plus de perfection dans le travail, il évite les détournements auxquels on est exposé par suite du tissage à la main dans les campagnes. Le métier mécanique le plus simple est à deux boîtes de chaque côté pouvant faire marcher deux navettes; le prix de ce métier, sans armure ni accessoires, est de 1,250 fr. chez M. Mercier, constructeur à Louviers. Le métier à 3 boîtes est de 1,500 fr., et le métier à plus de 3 boîtes est de 1,800 fr. Le tissage d'une

pièce de drap nouveauté est en moyenne de 70 à 80 fr.; c'est à peu près 1 fr. 25 par mètre. Le tissu est bien meilleur marché, parce que les femmes et les enfants peuvent en faire.

M. *Chennevière,* fabricant de draps, à Louviers. — Un métier mécanique à une seule navette bien monté peut produire au moins un tiers en plus que le métier à la main, et donne une étoffe mieux tissée et plus régulière. Il en résulte une économie très-appréciable et moins de déchets. On compte ordinairement la force d'un cheval pour faire mouvoir quatre métiers à tisser. Ces métiers sont ordinairement conduits par des jeunes gens et des femmes ; le prix d'un mètre de drap varie de 50 à 75 centimes.

M. *Jourdan,* fabricant de draps et de couvertures, à Lodève. — Les métiers mécaniques, établis et montés dans de bonnes conditions, produisent un tissu plus uni, plus serré, et conséquemment plus parfait ; mais nécessitent des fils de chaîne très-résistants pour qu'ils ne cassent pas sous une pression constamment forte. Leur prix est de 600 fr.

M. *Cormouls,* fabricant de draps à Mazamet. — Les métiers mécaniques ne font guère plus de travail que les métiers à la main. Le tissu est plus régulier; l'économie est de 2 fr. par pièce ; chez M. Brunet, constructeur à Lodève, le prix de ses métiers est de 550 fr.; il faut un cheval-vapeur pour faire marcher 3 métiers. Le prix de la façon du tissage varie de 10 fr. à 30 fr. la pièce ; soit de 55 centimes à 1 fr. 10 par mètre d'étoffe prête.

M. *Croutelle,* fabricant de tissus de laine (flanelles et mérinos), à Reims. — Pour fabriquer les articles unis tissés de 2 à 6 marches, on n'a pas recours au métier à la Jacquart, non plus qu'aux boîtes à plusieurs navettes. La force motrice dépensée dépend de la vitesse, de la largeur des métiers et de la réduction des étoffes en fabrication. A 120 battements à la minute, la force absorbée est par métier d'un huitième de cheval-vapeur. A 160 battements elle est d'un cinquième de cheval, avec la mise en mouvement des préparations dans les deux cas. Le prix des métiers mécaniques en Angleterre est de 250 fr.; en France, il est de 475 fr. Avec les droits, l'emballage et les transports, les métiers anglais reviennent aux mêmes prix que les métiers français. Chaque ouvrier ne conduit qu'un seul métier; cependant quelques-uns, les plus habiles, en conduisent deux, principalement pour les tissus croisés; mais pour les tissus lisses, les fils étant plus délicats, le service devient trop difficile.

La régularité des tissus offre sur le tissage à bras une économie de 4 à 5 pour 100 dans le prix de revient; cela tient principalement à ce que, outre l'économie de façon, il y a moins de coulage dans l'emploi de la matière. La rapidité de production du métier mécanique est trois fois plus grande que celle des métiers à main.

M. *Sautret,* fabricant de tissus en laine peignée, à Betheniville. — La différence pour la rapidité entre le métier mécanique à tisser le mérinos double chaîne et le mérinos simple, et le métier à la main est de 75 pour 100; la perfection est bien supérieure dans le premier, le tissu est beaucoup plus régulier; l'économie est très-grande. Le prix d'un métier de construction française est de 700 fr.: mais le prix moyen d'un métier monté est de 1,200 fr. tout compris.

Six métiers nécessitent une force d'un cheval; un métier absorbe la production de 40 broches à filer. Un ouvrier conduit deux métiers.

M. *Ch. Legrand,* fabricant de mérinos, à Fourmies. — Jusqu'à présent, dans les

tissus de laine, le tissage mécanique n'a guère donné d'économie sur le tissage à la main, parce qu'il comporte des frais généraux plus considérables et qu'il exige des matières d'un prix plus élevé, en ce sens qu'il les lui faut plus solides, et ce que l'on appelle *sous-filées ;* c'est-à-dire que tel peigné, avec lequel on ferait une chaîne de 56,000 mètres au kilogr. pour le tissage à la main, doit être filé au n° 48,000 ou 50,000 mètres pour le tissage mécanique. Jusqu'ici l'avantage du tissage mécanique a été, dans les établissements bien montés, de produire plus vite et mieux, et de donner toute garantie pour l'exécution à jour fixe d'une commission.

Chaque métier mécanique revient tout prêt à fonctionner avec ses accessoires de 600 à 1,000 fr., suivant sa largeur et sa complication. La force d'un cheval-vapeur fait marcher sept ou huit métiers ordinaires, et seulement cinq ou six métiers à la Jacquart. Beaucoup de tissus se fabriquent par un ouvrier conduisant deux métiers; pour d'autres qui exigent plus de soin ou de délicatesse, l'ouvrier ne peut conduire qu'un seul métier. Le prix de façon des pièces de tissu varie dans de très-larges limites; il est de 10 à 100 fr., en raison de sa longueur, de sa finesse et de sa difficulté au tissage.

Prenant pour exemple un tissage mécanique de 100 métiers produisant du mérinos simple à 10 croisures (35/36 duites au quart de pouce), en 110 centimètres de large en écru, abstraction faite du terrain et des bâtiments, M. Legrand l'établit ainsi :

1° Pour la mise en mouvement, à raison de 7 à 8 métiers par force de cheval, une machine de 15 chevaux. . .	15,000 fr.
2° Les transmissions de mouvement.	10,000
3° Machines à bobiner et à ourdir.	4,000
4° 2 encolleuses mécaniques.	10,000
5° 100 métiers (pris à Bradfort) revenant, mis en marche avec tous accessoires, à 650 fr. pièce.	65,000
6° Un gazomètre avec 100 becs et ses conduites.	8,000
7° Forge et accessoires, entretien et réparations (*pour mémoire*).	
	112,000 fr.

100 métiers, marchant à raison de 45,000 duites par jour et de 36 duites au quart de pouce pour former 10 croisures, produiront chaque jour 10 pièces de 80 mètres, soit pour 300 jours 3,000 pièces. Le tissu valant, par exemple, 2 fr. 25 le mètre, soit 180 fr. la pièce, c'est un total de 540,000 fr. que l'on pourrait réaliser avec ce matériel.

M. *Delfosse,* fabricant de tissus de laine, à Roubaix. — Les métiers mécaniques produisent trois fois plus que les métiers à la main; ils offrent un avantage considérable pour l'article uni, sous le rapport de la rapidité, de la perfection et de l'économie. Leur prix d'achat, en Angleterre, varie de 250 à 650 fr., selon leurs dimensions et leur poids ; il faut y ajouter le transport et les droits d'entrée en France.

M. *Villeminot-Huard,* filateur de laines peignées, fabricant de tissus mérinos, à Reims. — La différence qui existe entre le tissage à la main et le tissage mécanique est celle-ci : un tisseur à la main lance par jour 25,000 duites; avec



un métier mécanique il lance de 50,000 à 55,000 duites, et, en conduisant deux métiers, 90,000 à 100,000. Il y a moins d'inégalités dans le travail à la mécanique ; les tissus sont meilleurs.

L'avantage des métiers mécaniques pour le tissage des mérinos peut s'élever à 6 pour 100 de la valeur des tissus, ou à 27 pour 100 de la façon à la main. Voici la décomposition : on trouve une économie de 3 fr. par pièce pour la façon avec le tissage mécanique, soit 3 cent. 75 par mètre ; une économie sur le gaspillage et le détournement produits par les ouvriers, qu'on peut évaluer à 5 cent. par mètre ; enfin une plus-value des tissus de 5 cent. par mètre.

M. *Baril* fils, fabricant de velours d'Utrecht à Amiens. — La moyenne de la fabritation du velours d'Utrecht à la main (1) ne donne pas plus de cinq pièces fabriquées par année et par ouvrier ; ce qui représente un délai de 60 jours pour le tissage d'une pièce. A la vérité, des ouvriers produisent une pièce en trois ou quatre semaines ; mais le résultat général constaté est que 100 ouvriers ne produisent pas plus de 500 pièces par année.

Avec ses métiers mécaniques, M. Baril obtient une moyenne de production de 5 mètres 50 par jour. S'ils fonctionnaient sans interruption, ils produiraient près de 9 mètres ; mais en faisant la part raisonnée des temps d'arrêt forcés, la moyenne que l'on peut atteindre est de 7 mètres 50 par jour. Quant à la perfection du travail du métier mécanique, elle est supérieure, d'abord par une préparation plus régulière des matières premières qu'on emploie et de leur placement sur le métier, et ensuite par la rectitude de la marche, qui, étant toujours la même, produit un tissu plus régulier que ne saurait l'obtenir le meilleur ouvrier à la main. Il y a aussi économie sur l'emploi des matières que l'on peut estimer à un dixième.

Le prix de la façon à la main est payé, pour une pièce de velours mesurant 36 mètres 50 et 37 mètres, depuis 15 fr. jusqu'à 60 fr. La moyenne est de 30 fr. ; c'est le prix de façon de la qualité qui se produit en plus grande quantité.

Le prix d'achat des métiers mécaniques, en Angleterre, est de 875 fr., installés en France, ils reviennent à 1,100 fr. Un cheval-vapeur peut actionner 6 métiers.

(1) Le velours d'Utrecht se compose de fil de lin, de poils de chèvre et de coton dans les proportions suivantes :

	Quantité p. 100.	Valeur p. 100.
Lin	15	5 fr. 50 c.
Coton	22	11 »
Fils de poils de chèvre	63	83 50
Totaux	100	100 fr. » c.

MOULINS A BLÉ

CONSTRUITS PAR MM. FONTAINE ET BRAULT, A CHARTRES

MÉCANISME DES MEULES

AVEC PIGNON DÉBRAYANT OU A FRICTION

De M. G. CHRISTIAN, ingénieur, directeur de la Casserie de MM. Japy frères à La Feschotte.

Et de M. MAUZAIZE, ingénieur à Chartres.

(PLANCHES 34 ET 35)

La construction des moulins à blé présentant un très-grand intérêt dans tous les pays, nous nous sommes constamment attaché à en suivre les progrès, et à faire connaître successivement à nos lecteurs toutes les améliorations qu'ils ont reçues et qu'ils reçoivent encore journellement.

C'est ainsi qu'après avoir publié les meilleurs systèmes perfectionnés marchant par engrenages, nous avons montré les divers essais qui ont été tentés, soit pour faire produire aux meules plus de travail dans le même temps, soit pour éviter l'évaporation, la perte des folles farines, soit aussi pour satisfaire à des conditions spéciales. Tels sont, par exemple, les moulins accélérateurs de M. Cabanes, les meules annulaires de M. Gosme, le moulin bitournant de M. Christian, etc.

Nous avons ensuite dessiné et décrit les systèmes plus récents mus par courroies, et commandés les uns par en haut, les autres par en bas, en indiquant, dans chaque cas, les motifs qui ont fait adopter les dispositions particulières que nous avons reproduites.

Ainsi ont été donnés les moulins de Saint-Maur, que M. Darblay avait dû transformer, pour substituer aux meules d'un trop petit diamètre des meules plus grandes logées dans le même beffroi (1); de même les moulins dits à *friction* de MM. Fontaine et Brault.

(1) Ces moulins de Saint-Maur, qui comprenaient, comme on l'a vu volume x, 40 paires de meules, disposées sur 4 beffrois circulaires, et mises en action par 4 tur-

Nous avons de cette sorte mentionné tout ce qui s'est fait réellement de remarquable dans ce genre d'industrie; aussi nous croyons avoir rendu service, par une telle étude, aux mécaniciens comme à toutes les personnes qui s'occupent plus ou moins directement de cette importante branche d'industrie.

Les deux genres de mécanisme adoptés généralement aujourd'hui dans la construction des moulins à blé se distinguent, comme on sait, par la dénomination de :

Système à engrenages,
Système à courroies.

Celui-ci, qui s'est plus particulièrement répandu depuis un certain nombre d'années, partout où l'on a pu appliquer un moteur à vapeur, ou un moteur hydraulique à grande vitesse, présente sur le premier l'avantage de permettre d'arrêter instantanément une paire de meules, sans arrêter, pour cela, la puissance motrice; cet avantage a été apprécié surtout dans les grands établissements de meunerie, non-seulement parce que l'on évite les pertes de temps qui sont appréciables, lorsqu'on occupe un certain nombre de jeux de meules, mais encore parce que l'on ne dérange pas le règlement de la mouture.

Toutefois, il faut bien le dire, l'application du système à courroies ne s'est pas généralisée, soit à cause de son prix plus élevé (principalement lorsque le moteur marche à une faible vitesse, comme une roue hydraulique de grand diamètre), soit à cause du plus grand emplacement qu'il exige, et peut-être aussi à cause de la plus grande dépense de force motrice qu'il occasionne, quand il n'est pas établi dans de bonnes conditions.

Des ingénieurs éclairés, des constructeurs habiles donnant la préférence au système à engrenages, ont cherché à éviter le principal inconvénient qu'on lui a généralement reproché, en appliquant un mécanisme qui permît de débrayer à volonté, chaque paire de meules, sans toucher au moteur.

On comprend sans peine que pour atteindre ce but, il est nécessaire que l'axe vertical qui porte à son sommet la *meule courante*, et appelé pour cela même le *fer de meule,* soit disposé de telle sorte que le pignon denté qui y est ajusté, ne puisse, à un moment donné, l'entraîner dans son mouvement de rotation, tout en restant lui-même engrené avec la roue qui le commande.

bines du système Fourneyron (1er vol.), viennent d'être acquis par la Ville de Paris, qui, voulant profiter de la grande puissance hydraulique disponible (environ 200 chevaux en moyenne), utilise cette force à faire mouvoir des pompes destinées à fournir l'eau nécessaire à l'alimentation des bassins et rivières du joli bois de Vincennes, aujourd'hui complétement transformé en véritable parc.

Or il faut, d'un côté, que ce débrayage s'effectue sans chocs, afin de ne pas occasionner d'accident, où de dérangement dans la marche générale, et d'un autre côté, qu'il ne présente pas trop de résistance, malgré la grande vitesse imprimée à la meule, pour que l'homme chargé de cette opération puisse la faire sans grand effort, sans fatigue.

Tous les mécaniciens qui se sont occupés de la question ne sont pas parvenus à la résoudre d'une manière satisfaisante; plusieurs ont échoué par les difficultés mêmes qu'ils ont rencontrées dans les dispositions qu'ils ont imaginées.

Plus heureux, M. Gustave Christian, dont nous avons déjà eu l'occasion de faire connaître quelques remarquables innovations apportées dans la construction des moulins, et M. Mauzaize, de Chartres, qui a beaucoup étudié la spécialité des transmissions de mouvement, sont arrivés à combiner des débrayages qui fonctionnent dans les meilleures conditions, et qui sont actuellement appliqués dans des minoteries importantes.

Il nous a paru intéressant, pour compléter les divers articles que nous avons traités sur la matière, de faire voir ces deux systèmes qui ne sont pas assez connus, et qui, différant assez sensiblement l'un de l'autre, doivent, selon nous, se répandre tous deux, comme ayant chacun leur mérite.

Le système de M. Christian a été appliqué par lui dans quelques moulins et en particulier dans celui de M. Henri Huart, à Cambrai, chez qui nous avons relevé, il y a plusieurs années, l'ingénieux *Grenier conservateur de grains*, publié avec détail dans le IXe vol. de ce Recueil (1).

Ce système a été l'objet d'un brevet d'invention de quinze ans, qui, quoique datant déjà de 1848 ne s'est presque pas encore propagé, parce que les parties intéressées ne lui ont donné jusqu'ici aucune publicité. Il ne suffit pas, en effet, qu'une découverte soit bonne et utile pour se répandre, il faut qu'on la fasse connaître, si l'on veut réellement en tirer profit. Sous ce rapport, nous croyons que les inventeurs ne sauraient trop apporter d'activité dans la publication de leurs œuvres, comme ils mettent de la persévérance dans les derniers perfectionnements qui doivent les rendre entièrement praticables.

Le système de M. Mauzaize, dont le brevet est du 30 novembre 1858, s'est plus répandu que celui de M. Christian, parce que, d'un côté, il a déjà été publié dans les Bulletins de la Société d'encouragement, et que, d'un autre côté, il est exécuté par la maison Fontaine et Brault, qui, connue depuis longtemps pour la spécialité des moulins, a eu souvent

(1) On a pu lire avec beaucoup d'intérêt, au sujet de cet appareil, le rapport qui en a été fait par une Commission du Ministère de la guerre, qui en a ordonné l'installation en grand à la Manutention des vivres à Paris, et, plus tard, celui présenté à l'Académie des sciences par M. le maréchal Vaillant.



l'occasion d'en faire les applications dans les nombreux établissements que ces habiles constructeurs ont montés soit en France, soit à l'étranger.

C'est ainsi que nous le trouvons dans la belle et importante minoterie que MM. Fontaine et Brault ont établie récemment à Montigny, pour Mme la duchesse de Mirepoix, et dont ils ont bien voulu, avec leur obligeance habituelle, nous communiquer les dessins complets.

Nous proposant de publier prochainement l'ensemble de divers appareils qui composent le matériel de cet établissement, nous avons pensé qu'on ne verrait pas sans quelque intérêt, à l'avance, le détail du gros mécanisme qu'ils y ont installé, avec l'application à deux paires de meules du mode de débrayage de M. Mauzaize : ce qui va nous donner par suite l'occasion de décrire ce système qui a subi tout naturellement, depuis l'origine, des modifications utiles qu'il est bon de connaître; et en même temps, nous avons voulu ne pas omettre de publier celui de M. Christian, qui, sur notre demande, a eu également la complaisance de nous en adresser un dessin exact.

DESCRIPTION DU GROS MÉCANISME DU MOULIN

ÉTABLI A MONTIGNY PAR MM. FONTAINE ET BRAULT, DE CHARTRES, ET REPRÉSENTÉ PL. 34.

Ce moulin est actionné par une turbine hydraulique à pivot supérieur (dernier système perfectionné de M. Fontaine), comme celui que nous avons décrit dans la nouvelle édition de notre *Traité des moteurs hydrauliques* (1). Il se compose de six paires de meules disposées sur un beffroi circulaire, analogue à celui qui a été déjà représenté sur les pl. 25, 26 et 27 du 1er volume de ce Recueil, et qui, à l'époque où nous l'avons fait connaître, il y a maintenant plus de vingt années, était regardé comme l'un des meilleurs systèmes.

Le beffroi circulaire est encore la disposition le plus souvent adoptée pour les moulins à l'anglaise, toutes les fois qu'ils sont commandés par des engrenages, parce qu'elle permet de simplifier la transmission de mouvement, en actionnant tous les arbres verticaux ou *fers de meules* par une seule roue droite horizontale qui engrène à la fois avec les divers pignons dentés. Elle est en général préférable à celles des meules placées en lignes droites et parallèles, laquelle est nécessairement plus

(1) Dans le IVe volume de la *Publication industrielle* nous avons donné le premier système de turbine à pivot supérieur et à vannes partielles de M. Fontaine, après avoir déjà publié, dans le 1er volume, la turbine à aubes cylindriques de M. Fourneyron; le *Traité des Moteurs hydrauliques*, en rappelant l'origine des turbines en général, fait connaître avec détails les principaux systèmes en usage aujourd'hui et qui ont été proposés ou perfectionnés par les meilleurs constructeurs.

compliquée, revient à un prix plus élevé et exige l'emploi des roues d'angle dont la denture est plus délicate et plus difficile à exécuter.

D'ailleurs, avec cette disposition, comme avec la précédente, les pignons sont fixés sur leurs axes, de sorte que, lorsqu'on veut arrêter une paire de meules, il faut tout d'abord arrêter le moteur et, par conséquent, toutes les machines en activité, puis desserrer les vis de pression qui retiennent le pignon, et, à l'aide d'un cric spécial, faire descendre ou monter celui-ci, afin de le dégager de la roue qui le commande. Et quand cette opération est terminée, on remet le mécanisme en marche.

Une telle disposition ne laisse pas, comme on le pense, de causer des pertes de temps, et souvent des dérangements dans certaines parties du mécanisme. Il faut avoir le soin, lorsqu'on remet en train, de vérifier si tout est dans l'état normal, si chaque meule conserve son allure, si enfin la mouture reste bien réglée.

Cet arrêt général et cette reprise n'ont pas lieu seulement chaque fois qu'il est nécessaire de rhabiller une paire de meules (c'est-à-dire tous les jours, lorsque le moulin se compose, comme celui qui nous occupe, de six paires de meules), mais encore toutes les fois qu'il se présente quelque obstacle dans la marche, comme un caillou ou une petite pierre qui passerait dans l'œillard de l'une des meules, ou bien quand on doit mettre une meule sur gruaux, tandis qu'elle travaille sur blé.

Ajuster les pignons dentés sur leurs fers, de manière qu'ils puissent être débrayés et embrayés pendant la marche même du moteur, c'est donc à notre avis une amélioration sensible qui, tout en laissant au moulin les avantages de la commande par engrenages, supprime les principaux inconvénients qu'on leur reproche.

On voit que dans le moulin représenté en coupe verticale sur la fig. 1 (pl. 34), et en plan sur la fig. 2, deux des six paires de meules ont reçu l'application du pignon débrayant. Le propriétaire a voulu se rendre compte, sans doute, de l'avantage qu'il pourrait avoir dans la pratique avant de l'appliquer à toutes les meules. Nous décrirons plus loin le détail de ce système.

Turbine. — La chute disponible n'étant que de 1 mètre dans les temps ordinaires, il a fallu donner à la turbine A un grand diamètre pour dépenser le volume d'eau correspondant à la puissance nécessaire que nous estimons, en moyenne, à 25 chevaux effectifs, ou

$$25 \times 75 = 1875 \text{ kilogrammètres.}$$

Or, en admettant que sur une telle chute le moteur établi dans les meilleures conditions produise un rendement de 70 pour cent (1), on voit que la dépense doit être de

$$1875 \div 0{,}70 = 2680 \text{ litres par seconde.}$$

(1) Les bonnes turbines, construites par MM. Fontaine et Brault, fournissent généralement, sur des chutes moyennes, un effet utile de 70 p. 100.



Pour débiter une telle quantité d'eau, les constructeurs ont donné à cette turbine les dimensions suivantes :

Diamètre moyen, mesuré au milieu des aubes..	2m180
Grand diamètre intérieur	2m580
Par suite, la largeur des aubes.	0m400
Et la hauteur desdites aubes.	0m265
Comme ces aubes sont évasées par le bas, le diamètre extérieur à la base est de.	2m740
La largeur des orifices de distribution est aussi de	0m400
Et la hauteur de ces orifices, de	0m160

Ce vannage est composé, comme dans les dernières turbines que nous avons publiées des mêmes constructeurs, de deux rouleaux coniques *a* (voyez la vue d'ensemble fig. 1, et le détail fig .3), et de larges courroies en gutta-percha *b*, qui découvrent les orifices de distribution de la quantité que l'on juge convenable.

A cet effet, les axes des deux rouleaux sont portés d'un bout par un cercle en fonte *c*, sur lequel est rapportée une couronne dentée *d*, et de l'autre par un croisillon *e*, également en fonte et mobile autour de la colonne centrale et creuse *f*, qui sert d'arbre à la turbine.

Un pignon droit *g* engrène avec la roue *d*, et lui transmet le mouvement de rotation qu'on lui communique de l'intérieur même du moulin par l'intermédiaire de plusieurs paires d'engrenages d'angle *h*, *h'* et *h²*, et d'un volant à manivelle *i*.

Par les proportions établies dans ces divers engrenages, il faut faire faire à la manivelle 85 tours pour que les courroies des rouleaux soient complétement développées et, par conséquent, pour que le vannage soit entièrement fermé, c'est-à-dire que tous les orifices se trouvent couverts

Nous ne croyons pas nécessaire de donner ici une description plus complète de cette turbine et de son vannage, ayant déjà publié à ce sujet tous les documents désirables, et ayant de plus exposé, dans notre *Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques,* les règles employées pour calculer ce genre de moteur, en ajoutant même une table assez étendue qui facilite et simplifie notablement les opérations.

Il nous suffira de faire remarquer que l'on a eu le soin de placer en amont, du côté de l'arrivée de l'eau, une vanne verticale en bois, qui glisse dans des coulisses en fonte et que l'on descend seulement quand des nettoyages ou des réparations sont nécessaires.

L'arbre creux *f* de la turbine fait environ 19 tours par minute, à la vitesse moyenne de régime. Cet arbre, prolongé jusqu'au-dessus du sol du moulin, est retenu, vers sa partie inférieure, par un collet en bronze *j*, ajusté au centre du plateau en fonte B, qui porte la couronne des orifices adducteurs B', et, vers sa partie supérieure, par des coussinets en bois *j'*;

il repose en outre, comme on sait, par le pivot *k*, rapporté, à sa partie supérieure, sur un grain d'acier qui garnit le fond de la crapaudine *l*, fixée au sommet de la colonne fixe C.

TRANSMISSION. — Un second arbre *f'*, fondu plein, est assemblé avec le précédent pour recevoir au-dessus la grande roue horizontale D, qui n'a pas moins de 344 dents, et qui engrène à la fois avec les six pignons de meules E, de chacun 62 dents, ce qui établit le rapport

$$\frac{344}{62} = \frac{5,548}{1}$$

Par conséquent, quand la turbine fait 19 tours par 1', les meules en font

$$19 \times 5,548 = 105^{t}5$$

Le diamètre primitif de la roue horizontale est de $3^{m}130$, ce qui correspond à la circonférence $9^{m}833$; et celui des pignons de $0^{m}564$, correspondant à la circonférence $1^{m}772$; par suite, le pas des dents est de

$$\frac{9,833}{344} = \frac{1,772}{62} = 0^{m}02858$$

Soit 28 millimètres et demi.

Comme la denture de la roue est en bois et celle des pignons en fonte, on a donné à la première 16 millimètres d'épaisseur et à la seconde 12 millimètres; le jeu ne doit pas être plus d'un demi-millimètre, lorsque les dents sont taillées avec soin et que la division est très-exacte, comme on le fait généralement, pour la commande des moulins, afin que les mouvements soient très-doux et ne produisent pas de bruit.

Nous avons dit ailleurs qu'il y avait intérêt, dans ces sortes d'appareils, de réduire le pas des dents autant que possible, et à ce sujet nous avons, des premiers, donné des exemples dans lesquels la denture des pignons de meules n'avait pas plus de 11 millimètres d'épaisseur et 80 millimètres de largeur, en démontrant qu'elle était plus que suffisante pour résister à la pression transmise.

Les diamètres de la roue horizontale et des pignons sont subordonnés à l'emplacement exigé pour les meules. Celles-ci, ayant $1^{m}50$, et étant enveloppées chacune d'une archure en bois F, qui, à cause du jeu nécessaire, ne peut avoir extérieurement moins de $1^{m}61$, doivent en outre laisser entre elles un certain espace libre. Or, avec les dimensions adoptées, le diamètre du cercle moyen, passant par le centre des meules, est de $3^{m}694$, qui correspond à une circonférence de

$$3,694 \times 3,1416 = 11^{m}610$$

par suite, la distance des centres est de

$$11,610 \div 6 = 1^{m}935$$

ce qui, en définitive, laisse entre les archures

$$1^m935 - 1^m62 = 0^m315$$

moins les rebords supérieurs qui saillissent encore de 4 à 5 centimètres.

Mécanisme des meules. — Comme on s'arrange pour que tout le beffroi du gros mécanisme soit tout à fait indépendant du bâtiment, le plancher du premier étage, appelé le *plancher des meules*, est entièrement ouvert dans la portion correspondante à ce mécanisme, suivant un carré qui n'a pas moins de 5^m 30 de côté; et, alors, on est obligé, pour supporter les solives qui le composent, de disposer quatre poutres principales G, de 0^m30 d'épaisseur, de telle sorte que deux d'entre elles se trouvent parallèles aux murs de face du bâtiment et les deux autres dans une direction perpendiculaire; on les relie, comme le montre le plan fig. 2, par des poutrelles G', placées en diagonales, de manière à former en projection horizontale un octogone régulier.

Les constructeurs ont logé les meules gisantes H dans des cuvettes ou grandes couronnes en fonte évidées I, qui sont toutes réunies par un grand et fort croisillon à nervures J, lequel reçoit à son centre le boitard à cuvette *m*, servant de collier à la partie supérieure de l'arbre vertical *f'*. Ces couronnes sont fondues avec des empattements qui permettent de les asseoir sur la base des colonnes de fonte K, et qui les relient en même temps de deux à deux. De cette façon tout le système est solidaire, et présente par suite toute la solidité désirable, quoique l'on n'ait pas de corniche ou d'entablement comme dans la plupart des autres moulins du même genre.

Chaque couronne est munie de trois vis verticales *n* servant à niveler la meule avec toute l'exactitude désirable, et sur les parois latérales, de trois vis horizontales *n'*, au moyen desquelles on peut la centrer ou la placer rigoureusement dans l'axe du fer de meule qui la traverse. La coupe verticale fig. 4, montre ce détail à une plus grande échelle.

Au-dessus et au centre de chaque archure est un *engreneur* ou distributeur en fonte E', qui, par un tuyau plus ou moins incliné, est mis en communication avec le fond ou la base de la trémie à blés nettoyés, pour servir à livrer le grain en petite quantité dans l'œillard de la meule courante.

A cet effet, il est porté par une sorte de balancier en fonte F², qui, assemblé à charnière d'un bout, est relié, de l'autre, à une tige verticale, que l'on a fait descendre à travers le plancher jusqu'au rez-de-chaussée, afin d'être à la portée du garde moulin. Le petit écartement laissé entre le bord inférieur du tube qui prolonge l'engreneur et la soucoupe que l'on place sur le manchon de nille, détermine la quantité de grains qui alimente les meules.

On sait que dans la partie centrale de chaque meule gisante est scellé

un boitard cylindrique en fonte L, qui renferme les coins et les coussinets nécessaires pour maintenir la fusée du fer de meule. Celui-ci se prolonge au-dessus et se relie par un manchon de nille et une nille en fonte à la meule courante H′, qu'il doit entraîner dans son rapide mouvement de rotation, tout en lui permettant de rester constamment dans un plan parfaitement horizontal. On se rappelle aussi que le pivot du fer de meule tourne dans un poëlette en fonte L′, dont on voit la disposition sur le détail, fig. 1 de la pl. 35. Nous avons déjà décrit les différents genres de crapaudines et de poëlettes qui sont adoptés en mécanique pour les arbres verticaux, nous ne pouvons que renvoyer pour les détails de construction, à ce sujet, au IXe volume de ce Recueil, ou mieux à la première partie du *Vignole des mécaniciens*.

Les poëlettes font partie de la plate-forme circulaire en fonte M, qui est nécessairement en plusieurs pièces, réunies et encastrées sur le pourtour en pierre N servant d'assise à tout le beffroi. Les colonnes en fonte y sont ajustées par leur base, et les boulons de fondation qui les traversent dans toute leur hauteur, traversent aussi la plaque et le massif pour se claveter au-dessous du dernier rang des pierres d'assise.

Au lieu de recevoir la boulange dans l'épaisseur du plancher des meules, comme nous l'avons fait très-souvent avec M. Cartier, et par suite soulager et régler la mouture du premier étage, on a préféré, dans le moulin actuel, la recevoir au rez-de-chaussée, sur un récipient mobile et circulaire O, qui règne autour du pourtour, supporté d'une part par des galets verticaux n' (fig. 1), qui le maintiennent dans un plan horizontal, et de l'autre par des galets horizontaux n qui le guident dans sa marche circulaire. Les axes de ces galets sont ajustés dans des supports en fonte P placés à égale distance sur le sol.

Le récipient est tout simplement en bois, formé d'une planche horizontale de 0^m 380 de largeur, et d'un rebord saillant à l'extérieur. Le mouvement de rotation continu, mais très-lent qu'il reçoit quand le moulin est en activité, lui est imprimé par l'arbre central f', au moyen d'une poulie en fonte p, rapportée à son sommet, et d'une autre poulie p' placée à l'extrémité d'un petit axe vertical, qui, par la paire de roues d'angle q, q', commande le petit arbre horizontal r, logé dans l'épaisseur du pourtour en pierres N. Un pignon à joues s fixé au bout de cet arbre engrène avec une crémaillère circulaire s' vissée au-dessous du récipient. Pour être exactement exécutés, ce pignon et cette crémaillère doivent être coniques comme des roues d'angle dont le sommet se trouve à l'intersection de l'axe horizontal r et de l'arbre vertical f'.

Le rapport établi entre ces divers organes est tel que, lorsque l'arbre central f' marche à la vitesse normale de 19 tours par minute, le petit arbre r n'en fait que 12,9,

Soit un peu moins de 13 tours ;

et par suite, à cause du très-petit diamètre du pignon *s*, par rapport à celui de la crémaillère, le récipient ne reçoit dans le même temps qu'une vitesse de 0,3,

Soit 3/10 de tour par 1′.

Il est aisé de voir que, malgré cette faible vitesse, le récipient n'est jamais chargé, pendant le travail, d'une bien grande quantité de boulange.

En effet, admettons que sur les 6 paires de meules, il y en ait 5 sur blé, la 6ᵉ étant en rhabillage ou moulant des gruaux, et supposons que, bien alimentées et fonctionnant dans de très-bonnes conditions, elles écrasent, en moyenne, chacune 2,000 kilogr. de blé par 24 heures,

Soit pour les cinq tournants, 10,000 kilogrammes,

ce qui correspond à un fort bon rendement pour la mouture du commerce,

$$\text{On a alors } \frac{10{,}000}{24 \times 60} = 7 \text{ kilog.}$$

de mouture ou de boulange faite par minute, et répartie sur toute la superficie du récipient, laquelle n'a pas moins de

$$0^{m}38 \times 4^{m}574 \times 3{,}1416 = 5^{m.q.}462.$$

C'est donc seulement $0^{k}78$ par mètre quarré.

En recevant ainsi la mouture au rez-de-chaussée, il faut de toute nécessité disposer au-dessous de chaque paire de meules, des *anches* ou conduits en bois qui, fixées sous le plafond, descendent jusqu'au dessus du récipient ; cette disposition, qui a l'inconvénient de nuire au coup d'œil de l'ensemble, n'évite pas l'application des conduits d'air que l'on est obligé d'adapter à chaque archure pour aspirer les folles farines et les amener à la partie supérieure du moulin, comme on le verra dans les dessins qui représentent la minoterie complète.

En un point convenable de la circonférence extérieure du pourtour N, on a fixé une palette verticale qui, placée obliquement et en travers du récipient, arrête la mouture et la force à tomber dans un conduit incliné au bas duquel est une vis sans fin, qui l'amène dans l'auge inférieure d'un grand élévateur, afin qu'elle soit remontée par celui-ci jusqu'au dernier étage et versée dans la chambre du râteau refroidisseur.

Dimensions des meules. — Dans le mode de mouture dite à l'anglaise, que l'on devrait plutôt, ainsi que nous l'avons déjà fait observer, appeler *mouture américaine*, on emploie, comme on sait, des meules rayonnées de diamètres variables, mais toujours notablement plus petits que celui des meules qui travaillent à la *française*. Elles sont aussi autrement faites ; au lieu d'être comme celles-ci d'une seule pierre très-éveillée, à grandes

cavités, elles se composent de *carreaux* ou de prismes à peu près réguliers, à grain serré, ajustés les uns près des autres, et parfaitement jointoyés, ce qui exige, pour qu'elles puissent former *cisailles*, tout en écrasant le blé, de pratiquer sur leurs surfaces travaillantes, qui sont dressées avec beaucoup de soin, non-seulement des rayons ou rainures à section triangulaire, mais encore des ciselures ou tailles fines parallèles et croisées (1).

Ces meules sont préférables, pour la mouture du commerce, aux grandes meules non rayonnées; elles font plus de travail dans un temps donné avec la même force motrice.

Un ingénieur de grand mérite, à qui l'on doit la traduction d'un ouvrage très-estimé d'Oliver Evans sur la meunerie aux États-Unis, M. Benoit, rapporte diverses expériences comparatives qui justifient la théorie qu'il a donnée à ce sujet dans son récent traité appelé : *Guide du meunier et du constructeur de moulins* (2).

Il cite, d'une part, M. Bucquet, qui, examinant deux moulins contigus établis sur la même chute d'eau, l'un avec des meules de 1m71 de diamètre et 0m162 d'épaisseur, l'autre avec des meules de 2m09 et de même épaisseur, a constaté que celle-ci, quoique de même nature que les premières, faisaient un tiers de moins d'ouvrage que l'autre;

Et, d'autre part, M. Hughes, qui relate, comme un fait bien connu de tous les minotiers en Amérique, que les grandes meules ne broient pas plus de blé par heure que celles d'un diamètre moitié moindre, dont le poids a été rendu convenable.

(1) Nous avons publié, dans le IIIe volume, un instrument très-intéressant appelé *Machine à rhabiller*, qui, un peu modifié, est employé aujourd'hui avec succès dans un grand nombre de moulins pour faire ces tailles mécaniquement.

(2) Nous croyons qu'il peut être intéressant pour plusieurs de nos lecteurs d'extraire du livre de M. Benoit le paragraphe relatif à ce principe : « que les meules d'égale « épaisseur dont les bords ont la même vitesse et comprennent le même écartement « débitent par seconde des quantités de farine égales. »

L'auteur observe que, durant le fonctionnement des meules, les particules de mouture s'en échappent avec des vitesses V, V', telles que

$$\frac{V}{V'} = \frac{F}{F'} = \frac{D'}{D} \qquad \text{d'où} \qquad VD = V'D',$$

FF' représentant les intensités des forces centrifuges, et DD' les diamètres des meules.

En désignant par I l'intervalle existant entre les points en regard des bords de ces meules, intervalle qui doit être nécessairement le même pour toutes les meules faisant farine d'une égale finesse, les volumes QQ' de mouture débitée par seconde auront pour expressions :

$$Q = V \times I \times \pi D \qquad \text{et} \qquad Q' = V' \times I \times \pi D';$$

de là résulte

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{VD}{V'D'},$$

proportion qui, à cause de celle posée d'abord, exige que l'on ait toujours

$$Q = Q'.$$

M. Benoît rappelle aussi que la 31[e] année du Bulletin de la Société d'encouragement contient un mémoire de M. Grouvelle, qui a constaté que le même ouvrage obtenu avec des meules de 1[m]30 et rayonnées, exige presque moitié moins de force que s'il est effectué avec des meules de 1[m]95 de diamètre.

Pour montrer l'avantage des petites meules sur les grandes, le savant auteur calcule de la manière suivante « la durée du trajet qu'un grain de blé fait entre les meules pour y être réduit en farine : »

« La force centrifuge agissant sur une masse M, animée d'une vitesse V, dirigée suivant l'élément qu'elle occupe sur la circonférence d'un rayon R qu'elle décrit autour de l'axe de rotation, est

$$F = \frac{M\,V^2}{R}$$

« En prenant cette équation pour la même masse animée d'une autre vitesse V' et placée à la distance R' du centre de rotation, on aura

$$F' = \frac{M\,V'^2}{R'}$$

« Par conséquent,

$$\frac{F}{F'} = \frac{V^2 R'}{V'^2 R}$$

« Si les masses considérées sont des grains de blé, leurs débris et les molécules de leur farine, soumis à l'action des meules dont D D' sont les diamètres et dont les bords sont animés de la même vitesse, et si l'on suppose enfin que l'on ait toujours :

$$\frac{R}{R'} = \frac{D}{D'}$$

on aura évidemment $V = V'$, et par suite

$$\frac{F}{F'} = \frac{D'}{D}$$

C'est-à-dire : « que les identités des forces centrifuges agissant sur les particules de blé occupent des positions homologues sur deux paires de meules « dont les bords ont la même vitesse, et que par conséquent, les vitesses dont « ces particules seront animées conservent constamment entre elles le rapport inverse des diamètres de ces meules. »

« Il résulte de là que le parcours du rayon de la grande meule par les grains de blé, leurs débris et leur farine, demandera un temps T plus long que celui T' du parcours du rayon de la petite meule; car ce temps étant en raison inverse des intensités des forces centrifuges et en raison directe des diamètres des meules, on aura

$$\frac{T}{T'} = \frac{F'D}{FD'}, \text{ ou encore } \frac{T}{T'} = \frac{D^2}{D'^2},$$

proportion indiquant que les temps des parcours mentionnés sont proportionnels aux carrés des diamètres des meules considérées.

« M. Benoît, ayant ainsi démontré les avantages de la mouture opérée, à l'aide de meules d'un petit diamètre, sur la mouture faite par de trop grandes meu-

les, ajoute qu'en adoptant, comme on le fit d'abord pour le moulin de Saint-Maur, par exemple, des meules de 1m 10 de diamètre, on réduit théoriquement à un quart la durée du séjour que fait le blé entre des meules de 2m 20 de diamètre, pour y être réduit en farine en égale quantité, sous l'influence des mêmes vitesse et pression. On conçoit, dit-il, que, quand bien même ces indications théoriques ne seraient pas réalisées dans toute leur importance, l'abrégement certain du *froissement* inutile des débris du blé et de sa farine, après qu'ils ont successivement reçu les degrés de ténuité relatifs à la vitesse des points des meules qu'ils occupent, doit les préserver de l'espèce de détérioration due à une mouture faite sous des influences nuisibles. Aussi put-on, sans inconvénients faire prendre aux tournants de Saint-Maur des rotations correspondantes à 180 tours par minute. »

Dans la pratique, les meilleurs meuniers, après avoir expérimenté successivement les meules rayonnées de différents diamètres, depuis celles de 1m 10 jusqu'à celles de 1m 60 à 1m 80, se sont arrêtés d'abord d'une manière presque définitive aux meules de 1m 30, puis plus récemment à des meules plus grandes de 1m 40 à 1m 50 de diamètre. Ces dernières présentent, sans contredit, aux yeux des praticiens, des avantages incontestables. D'abord elles permettent de simplifier, ou au moins d'améliorer les transmissions de mouvement, puisque à égalité de vitesse circonférentielle, elles font sensiblement moins de rotations dans le même temps. Voici en effet les rapports qui existent entre les diamètres des meules et les nombres de révolutions qu'elles doivent faire par minute, pour obtenir à la circonférence extérieure une vitesse moyenne de 8m 168 par seconde, qui est généralement admise dans les minoteries bien établies.

DIAMÈTRE des meules.	CIRCONFÉRENCE extérieure des meules.	NOMBRE de tours par minute.	DIFFÉRENCE de vitesse angulaire.
mètres.	mètres.	tours.	tours.
1,00	3,142	156,00	
			14,00
1,10	3,456	142,00	
			12,00
1,20	3,770	130,00	
			10,00
1,30	4,084	120,00	
			8,50
1,40	4,398	111,50	
			7,50
1,50	4,712	104,00	
			6,51
1,60	5,027	97,49	
			5,73
1,70	5,341	91,76	
			5,10
1,80	5,655	86,66	
			4,56
1,90	5,969	82,10	
			4,10
2,00	6,283	78,00	

Ainsi, quand pour des meules de 1m50, la vitesse angulaire est de 104 révolutions par minute, il faut en imprimer 156 aux meules de 1 mètre, et 120 à celles de 1m30 pour qu'elles aient la même vitesse à la circonférence.

Or, dans bien des cas, cette augmentation dans le nombre de tours rendrait la transmission vicieuse ou plus compliquée. Dans un moulin hydraulique, par exemple, où l'arbre central, actionné par une turbine, ne pourrait avoir qu'une vitesse maximum de 15 tours par minute, si on voulait adopter des meules de 1m20 de diamètre, et commander directement par une roue horizontale, il faudrait ne donner aux pignons de meules que 0m346 de diamètre, tout en donnant à la roue horizontale au moins 3 mètres; ces pignons seraient évidemment trop petits, s'useraient rapidement et ne produiraient pas un bon effet. Pour éviter cet inconvénient, on serait alors obligé d'établir des engrenages intermédiaires afin de graduer les rapports de vitesse, ce qui augmenterait le prix du mécanisme.

D'un autre côté, les petites meules ne permettent pas de bien affleurer la boulange, par cela même qu'elle a moins de parcours à faire pour se rendre à la circonférence. Aussi, M. Darblay, qui est constamment resté à la tête de la meunerie, n'a pas voulu, en devenant propriétaire du moulin de Saint-Maur, conserver les meules de 1m10. Il a préféré modifier tout le mécanisme, comme nous l'avons montré (vol. X, pl. 18).

Les meuniers sont plus assurés d'une bonne mouture lorsqu'ils ont des meules de 1m30 à 1m50; et, avec celles-ci, ils ont encore l'avantage de pouvoir au besoin, quand la force motrice est suffisante, augmenter notablement le travail de chaque tournant. C'est ainsi que nous avons vu des moulins, montés avec des meules de 1m50, écraser jusqu'à près de 2 hectolitres de blé à l'heure et produire de belles farines premières. Il faut donc ne pas être étonné de voir aujourd'hui adopter très-souvent des meules de ce diamètre, préférablement à de plus petites.

DESCRIPTION DES MÉCANISMES DE MEULES A PIGNON DÉBRAYANT

REPRÉSENTÉS PAR LES FIG. DU DESSIN PL. 35.

Système de M. Mauzaize. — La fig. 1 de la pl. 35 représente, en élévation à l'échelle de 1/20, le mécanisme à pignon débrayant imaginé par M. Mauzaize, et appliqué sur deux des paires de meules du moulin de Montigny. La fig. 2 montre en section le même mécanisme, dessiné à l'échelle de 1/10, et les fig. 3 et 4 sont deux sections horizontales, l'une faite à la hauteur de la ligne 1-2, et l'autre suivant 3-4.

On voit qu'il consiste dans une construction particulière du pignon denté E, dont le moyeu, au lieu d'être directement ajusté sur le *fer de*

meule, forme une sorte de cône creux *c*, alésé à l'intérieur pour recevoir la partie d'une douille en fonte *d*, qui n'est autre que le manchon d'embrayage.

Il suffit de monter celui-ci d'une petite quantité pour établir un contact parfait entre les deux surfaces coniques, et déterminer par suite l'entraînement.

La partie cylindrique *e* du manchon est retenue sur l'arbre par trois clavettes qui, d'un côté, laissent un peu de jeu afin de lui permettre de glisser sans difficulté, lorsqu'on veut débrayer ou embrayer.

A l'intérieur est un ressort à boudin *i* (fig. 2), dont on règle la tension au degré convenable à l'aide d'un écrou *j*, rapporté en dessous et fileté sur l'arbre même.

Un levier à fourche L^2, assemblé par articulation au sommet de la tige verticale *k*, sert à effectuer l'embrayage ou le débrayage du système à l'aide d'une vis de rappel *l*, qui est appliquée vers son extrémité sur un support boulonné à l'une des colonnes du beffroi. En tournant légèrement à droite le petit volant *m*, qui fait corps avec la tête de cette vis, on la fait monter, et par suite le bout du levier, dont la fourche fait alors descendre le manchon en s'appuyant sur le rebord inférieur qui le termine; quand, au contraire, on tourne à gauche, celui-ci, aidé de son ressort, remonte et se met en contact avec le moyeu conique du pignon qui l'entraîne dans sa rotation, et par suite fait tourner le fer de meule.

La tige verticale *k* doit servir de point d'appui au levier, et pour cela elle est taraudée vers son sommet pour recevoir un écrou *k'*, qui, reposant sur la base de la petite colonnette en fonte M', permet de régler exactement la hauteur de ce point d'appui.

Quand le pignon est débrayé, il faut qu'il puisse librement se mouvoir en restant constamment embrayé avec la roue horizontale qui le commande, et sans occasionner de frottement sensible. A cet effet, les constructeurs ont fait venir à la fonte, en dedans du cône, une sorte de tambour à renflements intérieurs *m*, destiné à former *boitard*, c'est-à-dire à recevoir quatre coussinets en bronze *n* (fig. 3) qui embrassent des portions de la surface extérieure cylindrique de la virole en fonte *o*. Celle-ci est filetée à sa partie supérieure pour porter la bague en fer *p*, qui sert à la fixer sur l'arbre, et à sa partie inférieure est une large embase *o'* qui reçoit une virole en cuivre sur laquelle tourne la base du boitard; elle repose elle-même sur une seconde bague en fer *v'* qui, retenue à l'arbre par une vis de pression, l'empêche de descendre comme la première l'empêche de monter.

Des évidements ont été ménagés dans le boitard, entre les quatre coussinets, pour loger l'huile et les étoupes qui servent au graissage. L'excédant de cette huile ne peut s'échapper, parce qu'elle se trouve comprise dans l'enveloppe en tôle *q*, qui forme réservoir, et est fixée à la circonférence extérieure de l'embase *o'*,

La hauteur des deux cônes en contact est de 0^m12, et le diamètre de leur circonférence moyenne est de 0^m305; on peut donc dire que lorsqu'ils sont embrayés, la surface d'adhérence est de $0^{m.q.}115$ (1).

Soit, 1150 centimètres carrés.

A la vitesse de 105 tours par minute, on a

$$\frac{0,305 \times 3,1416 \times 105}{60} = 1^m676$$

pour a vitesse circonférentielle par seconde.

Si donc on admet que la puissance dépensée pour le travail d'une paire de meules, est de 4 chevaux de 75 kilogrammètres, on trouve que la résistance à l'entraînement par les deux cônes doit être au moins de

$$\frac{4 \times 75}{1,676} = 179 \text{ kilogrammes.}$$

Mais pour qu'il n'y ait pas glissement entre leurs surfaces en prise, il faut tenir compte du coefficient de frottement qui, pour les pièces de fonte tournées, mais non graissées, est, d'après M. Morin, 0,16. Par conséquent la pression nécessaire à exercer à la circonférence des parties adhérentes doit être réellement au minimum de

$$\frac{179}{0,16} = 1,118^k75$$

Seulement, comme le rapport entre les deux bras du levier à fourche à l'aide duquel on opère l'embrayage est de 3,2 à 1, l'effort à l'extrémité de ce levier n'est que de

$$\frac{1118,75}{3,2} = 349,6, \text{ soit } 350 \text{ kilogrammes,}$$

effort qui peut être diminué par une partie de la tension du ressort à boudin logé à l'intérieur du manchon au poids duquel il fait équilibre.

Il est facile de vérifier le chiffre que nous venons de déterminer en cherchant le travail absorbé par le frottement des cônes en contact; il suffirait à cet effet d'employer la formule que nous avons donnée dans notre *Traité des moteurs hydrauliques*, au sujet du frottement des tourillons, laquelle peut s'écrire sous la forme de

$$\pi d P f n = T$$

(1) Le diamètre de la plus grande base des cônes en contact est de 0^m313 et celui de la plus petite est de 0^m297; ainsi l'angle des génératrices avec l'axe n'est pas de 5 degrés.

πd, désignent la circonférence correspondante au diamètre moyen,
P, la pression exercée en kilogrammes,
f, le rapport du frottement à la pression,
n, le nombre de révolutions par seconde,
et T, le travail en kilogrammètres.

On aurait donc, en remplaçant ces lettres par les données précédentes :

$$3{,}1416 \times 0^{m}305 \times 1118^{k}75 \times 0{,}16 \times \frac{105}{60} = 300 \text{ kilogrammètres.}$$

SYSTÈME DE M. CHRISTIAN.

La disposition du mécanisme à pignon débrayant de cet habile ingénieur diffère notablement de celle imaginée par M. Mauzaize, comme on peut le voir par les fig. 5 et 6, en ce qu'au lieu d'embrayer par un manchon conique contre le moyeu agrandi du pignon, et de mettre en contact des surfaces métalliques, il opère, au contraire, l'embrayage par des parois cylindriques vers la jante même, et en produisant l'adhérence du cuir sur la fonte, ce qui augmente de beaucoup le coefficient de frottement, et permet de réduire notablement la pression à exercer pour produire la résistance nécessaire.

Remarquons d'abord que, dans le moulin de M. Huart, à Cambrai, sur lequel M. Christian a fait la première application de ce système, huit paires de meules semblables sont établies sur le même beffroi, et fonctionnent depuis un grand nombre d'années. Il en a monté également quatre paires à Guiche, deux autres à Séricourt, et plusieurs paires isolées, avec des colonnes indépendantes, servant à la fois de support et de porte-cuvette aux meules, comme celle qui est représentée en élévation sur la fig. 5.

Ce mode de construction, qui n'est pas sans élégance, a l'avantage de simplifier le beffroi du moulin, d'exiger moins de pièces de fonte, et de présenter à l'œil plus de jour et de légèreté.

On voit que la colonne K est d'une toute autre forme que les précédentes; sa partie inférieure présente trois branches courbes K′, entre lesquelles on a pu loger le pignon denté E, qui doit engrener avec la roue horizontale de commande. Ces trois branches se réunissent à la base pour former poëlette, avec une large assise M, par laquelle on boulonne le tout sur le massif en pierre N. Elles se réunissent également à la partie supérieure en une sorte de douille légèrement conique et creuse k, qui est alésée intérieurement pour porter le corps ou le *fût* proprement dit de la colonne, lequel peut être, à volonté, tourné extérieurement ou fondu avec des cannelures, comme celles du dessin.

Le diamètre du corps de cette colonne est assez grand pour laisser

passer très-librement le fer de meule, et présenter vers son sommet une embase circulaire, formant corniche, et recevant en même temps la couronne en fonte I destinée à asseoir la meule gisante H, au moyen de vis à niveler *n*, et d'un triangle en fer *n'* placé sous cette dernière.

La douille cylindrique L', qui termine le haut de la colonne, se prolonge pour porter le boîtard logé dans le centre de la meule, mais non scellé avec elle comme dans les autres moulins. Cette disposition, qui rend ainsi le boîtard indépendant, permet de le retirer aisément et de remplacer ou de réparer au besoin, sans difficulté, les pièces qu'il renferme, comme les coussinets, les coins et les vis de serrage.

La nille *h*, qui avec le manchon réunit la meule courante à l'arbre vertical, présente aussi quelque particularité : au lieu d'être scellée par ses deux extrémités dans la pierre, elle est seulement assemblée par deux boulons à des oreilles rapportées dans l'intérieur de l'œillard, ce qui permet d'enlever la meule, pour le rhabillage, sans retirer la nille, qui reste toujours sur son pointal et engagée dans son manchon.

Comme le moulin est disposé pour être réglé du premier étage, la tringle verticale T, à l'aide de laquelle on doit soulager, se prolonge au-dessus du plancher pour porter le petit volant T' que l'on manœuvre à la main; et sa partie inférieure est filetée pour traverser l'écrou en cuivre ajusté à rotule à l'extrémité du grand levier en fonte L^2, qui a son point d'appui sur le boulon à chappe l^2, et porte la tige centrale *t* sur laquelle repose la crapaudine, et par suite le pivot du fer de meule.

Quant au mécanisme à friction du pignon débrayant, représenté en section verticale et en plan fig. 6 et 7, il consiste en deux bandes de cuir *b* fixées par des vis à deux segments en fer *s*, au milieu desquels sont rapportées des oreilles *o*, afin de les relier à charnière avec les liens obliques *l*. Ces derniers, traversant une mortaise pratiquée au fer de meule, sont assemblés par articulation avec deux petites chappes en fer *c'*, qui les relient à la clavette *c'* (fig. 6 et 8) et par suite au manchon à embase M', lequel est ajusté très-exactement sur l'arbre qu'il entraîne dans son mouvement de rotation, au moyen de deux clefs fixes diamétralement opposées.

Ce manchon est fondu avec un croisillon à quatre branches et une couronne plate sous laquelle sont ménagées deux nervures circulaires *n* qui remplissent exactement les espaces annulaires existant entre les segments *s*, de telle sorte que, quand les cuirs qui garnissent ceux-ci sont en contact avec la jante du pignon denté, tout le système est forcé de tourner avec lui.

Or, dans la gorge cylindrique pratiquée à la partie supérieure du même manchon on engage la fourche à deux branches d'un levier d'embrayage, comme dans le système précédent. Lorsque cette fourche est baissée, elle force le manchon et son croisillon à descendre; par suite la clavette *c* descend aussi d'une quantité égale, et oblige les liens obliques

à se redresser, c'est-à-dire à prendre une position presque horizontale. Il en résulte que leurs points d'attache avec les segments *s* s'éloignent du centre, et par conséquent ces derniers, poussé du dedans au dehors, font appuyer très-fortement les cuirs qui les garnissent contre la paroi cylindrique de la jante dentée du pignon.

De là entraînement de tout le mécanisme dans la rotation imprimée à ce pignon, qui constamment engréné avec la roue horizontale qui le commande n'a pas cessé de tourner sur lui-même. Cet embrayage a lieu sans choc, sans bruit, et par suite sans changer la régularité de la marche du moulin, condition importante qui, nous le croyons, n'avait pas été résolue, avant M. Christian, d'une manière aussi satisfaisante ni aussi complète.

Quand, au contraire, on tient levée la fourche du levier d'embrayage, la couronne du manchon est maintenue à plusieurs centimètres au-dessus de la jante du pignon, les liens obliques s'inclinent davantage, leurs segments se rapprochent du centre, par suite les cuirs se détachent des parois, et laissent le pignon entièrement libre ; il continue son mouvement de rotation, parce qu'il ne cesse pas d'engrener avec sa roue de commande, mais il n'entraîne plus les autres pièces du mécanisme, et le fer de meule reste au repos, en lui servant toutefois de support, parce qu'on a eu le soin d'y rapporter une rondelle en fonte *r* qui y est retenue par une goupille. Cette rondelle forme en même temps cuvette pour recevoir les gouttes d'huile qui pourraient tomber de l'espèce de boîtard ou de la garniture bien graissée ménagée au centre du pignon, afin qu'il puisse tourner à frottement doux lorsqu'il ne doit pas entraîner l'arbre dans son mouvement.

Le constructeur a même eu la précaution d'interposer entre le moyeu et la rondelle une bague mince en bronze, que l'on peut remplacer au besoin, afin de tenir le pignon rigoureusement à la hauteur qu'il doit conserver.

Il est facile de voir que par ce système il faut beaucoup moins de pression pour maintenir l'embrayage, c'est-à-dire pour déterminer l'entraînement du fer de meule, que lorsque l'on opère sur le moyeu du pignon. Elle est, du reste, d'autant moindre que le diamètre de celui-ci est plus grand.

Ainsi, admettons que le diamètre de la paroi cylindrique sur laquelle se fait le contact des cuirs soit, comme il existe dans le mécanisme dessiné, de 0^m52. La circonférence correspondante est alors de

$$0,52 \times 3,1416 = 1^m634.$$

Et la hauteur de la paroi étant de 0^m10, il en résulte que la surface de contact est de

$$1,634 \times 0,10 = 0,1634.$$

Soit 1,634 centimètres carrés.

Comme, dans cet exemple, les meules ont 1m 30 de diamètre, le nombre des révolutions qu'elles doivent faire moyennement par minute est de 120; par suite la vitesse circonférentielle de la jante intérieure est de

$$\frac{1,634 \times 120}{60} = 3^{m}268 \text{ par seconde.}$$

Si donc la puissance absorbée par la meule et son équipage, quand elle est en plein travail, est de 4 chevaux, ou 300 kilogrammètres, on trouve que la résistance en cette partie du pignon est égale à

$$\frac{300}{3,268} = 91^{k}80.$$

Or, comme le contact a lieu par du cuir sur de la fonte, on sait que le coefficient de frottement, pour des surfaces non enduites est, dans ce cas, 0,28. Il en résulte que la pression minima à exercer pour produire la résistance nécessaire est seulement de

$$\frac{91,80}{0,28} = 327^{k}85.$$

Ainsi en adoptant pour les bras du levier à fourche un rapport de 1 à 3,3, il suffirait d'un effort de 100 kilogrammes appliqué à l'extrémité de ce levier pour effectuer le débrayage.

Il y a donc, comme on le comprend, tout avantage à employer un tel système, que nous voudrions voir se répandre partout où l'on applique des engrenages au lieu de poulies à courroies, non-seulement dans les moulins à blé, mais encore dans des transmissions de mouvement dans lesquelles il est nécessaire d'effectuer souvent des débrayages et des embrayages successifs.

APPLICATION DU MÊME SYSTÈME AUX ENGRENAGES D'ANGLES.

M. Christian a cherché à rendre son système applicable aux engrenages d'angle, en le disposant alors comme l'indiquent les fig. 9 et 10 du dessin pl. 35. On reconnaît, à l'inspection de ces figures, les organes précédemment décrits, c'est-à-dire les deux segments en fer s' garnis de leur cuir de friction b', et réunis par le petit châssis en fer l au manchon à embase M', qui est claveté sur l'arbre intermédiaire horizontal A.

Cette réunion est obtenue simplement par le fait de deux petites entailles pratiquées de chaque côté dans l'épaisseur du moyeu du manchon, pour recevoir les deux bras du châssis l', de telle sorte qu'en faisant glisser ce manchon sur son arbre, au moyen du levier ordinaire à fourchette engagé dans sa gorge, on entraîne le châssis l et avec lui les deux segments s, qui dans ce mouvement sont obligés de se rapprocher

ou de s'éloigner du centre, suivant que l'on a déplacé le manchon pour le serrer contre le pignon d'angle E' ou pour l'en dégager.

Pour permettre ce double mouvement d'extension et de contraction des segments qui déterminent l'embrayage ou le débrayage, les vis *o*, qui les relient au châssis *l*, sont assemblées à rotule afin de pouvoir prendre les inclinaisons nécessaires.

Comme pour le pignon droit, le manchon M' du pignon d'angle est fondu avec un croisillon à quatre branches et une jante plate munie d'une nervure circulaire *n'*, laquelle est interrompue de chaque côté, vis-à-vis des segments *s'*, de façon à venir s'emboîter entre ceux-ci (position indiquée, fig. 9), pour entraîner par contact le pignon de commande.

NOTE SUR L'EXPLOITATION DU SEMMERING

(LIGNE AUTRICHIENNE DU SUD)

Par M. DESGRANGES, ingénieur.

DIRECTEUR DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DES CHEMINS DE FER DU SUD DE L'AUTRICHE.

Nous avons fait connaître, dans le XIVe volume de ce Recueil, les transformations que le système primitif de la locomotive Engerth a subies, depuis que la ligne ferrée pour laquelle elle avait été spécialement combinée est passée de la direction de l'État sous celle d'une compagnie dont M. Desgranges est l'ingénieur, et qui sont dues principalement aux modifications, tellement essentielles, que la machine primitive n'a plus guère du système que le souvenir du nom, et qu'il en est résulté aussi une situation toute différente pour l'entreprise, au point de vue de l'économie du trafic.

A la description de la nouvelle machine, nous avions joint des notes dans lesquelles M. Desgranges rendait compte des effets obtenus par la transformation. Peu de temps s'est écoulé depuis, et néanmoins cet ingénieur, par une note très-intéressante qu'il a bien voulu nous communiquer, démontre que cette amélioration continue de porter ses fruits.

Nous ne reproduisons pas cette note, parce que l'on pourra la trouver tout au long dans le dernier *Bulletin de la Société des ingénieurs civils;* nous nous contenterons de donner ici le résumé des résultats économiques obtenus depuis la transformation des machines.

M. Desgranges, dans une première note que nous avons publiée, avait constaté que la dépense de traction et d'entretien du matériel, par train et par kilomètre, sur le Semmering, avait été en 1860 de 2 fr. 85, lorsque la même dépense, sur les autres parties du Sud, avait été de 1 fr. 89.

Mais de 1860 à 1863, ces résultats ont été bien modifiés.

On sait que la cause principale qui élevait les dépenses provenait de l'entretien coûteux des machines employées, et de leur défaut de puissance, qui exigeait la division de chaque train en trois parties. C'est donc principalement à la modification des machines Engerth qu'il faut attribuer les améliorations qui y ont été successivement apportées depuis quatre ans.

En effet, en 1860, les trains du Semmering ont été faits avec les machines primitives exigeant, comme il est dit ci-dessus, la séparation de chaque train de marchandises en trois parties.

En 1861, la modification de six de ses machines a permis de ne diviser qu'en deux une partie de ses trains, mais la dépense n'en a pas moins été réduite de 16 pour 100, malgré une augmentation de charge, le prix de 2 fr. 85 étant descendu à 2 fr. 40.

En 1862, la modification d'un plus grand nombre de machines a permis de faire passer les deux tiers du nombre des trains de marchandises en deux parties (175 tonnes brutes, non compris machine et tender, au lieu de 117) et le prix de traction n'en est pas moins descendu à 2 fr. 29, soit une réduction de 20 pour 100 sur le chiffre de 1860.

Enfin, en 1863, tous les trains de marchandises n'ont plus été divisés qu'en deux parties. La dépense par train, avec charge plus considérable, n'a pas été augmentée, elle a subi, au contraire, une nouvelle réduction de 2 fr. 155, présentant une amélioration de 24, 40 pour 100 sur celle de 1860.

Il résulte de ces chiffres qu'en tenant compte de l'augmentation de charge des trains de marchandises et de la réduction de dépense, *l'économie de traction réalisée sur le Semmering, depuis 1860, est de 50 pour 100.*

TRAVAUX PUBLICS

MACHINE A CREUSER LES CANAUX ET LES RIVIÈRES

SERVANT A LA FOIS A DRAGUER ET A DÉSAGRÉGER LE SOL

EN ENLEVANT ET TRANSPORTANT AUTOMATIQUEMENT LES MATIÈRES

Par MM. Amable CAVÉ et CLAPARÈDE

(PLANCHE 36)

En présence de ces immenses travaux publics que l'on a entrepris depuis plusieurs années dans un grand nombre de localités, on comprend sans peine combien il importe de chercher à appliquer des moyens mécaniques qui permettent d'opérer avec célérité, et avec une grande économie de temps et de main-d'œuvre. Aussi nous n'avons jamais manqué de faire connaître, autant qu'il a dépendu de nous, les machines, les instruments, les appareils qui ont été proposés pour remplir les conditions spéciales auxquelles il faut satisfaire dans les différentes circonstances qui se présentent dans la pratique.

C'est ainsi que nous avons donné les belles et grandes dragues à vapeur qui ont été construites par M. Nillus pour creuser les grands bassins du Hâvre, et qui ont été imitées depuis, pour faire d'autres dragages non moins importants. (Voir vol. VII, pl. 12 à 14.)

De même nous avons dessiné et décrit avec soin ces nouvelles et ingénieuses machines à forer la pierre que l'on emploie avec succès dans le percement du Mont-Cenis, et d'autres montagnes formées de roches plus ou moins dures. (Tom. XIV, pl. 8.) Tout récemment nous parlions de l'instrument de M. Leschot, qui perce les pierres les plus dures avec le diamant noir.

Nous ne tarderons pas à publier également les magnifiques appareils exécutés par la maison E. Gouin et Ce pour effectuer les gigantesques travaux de l'Isthme de Suez qui ont été entrepris sous la direction de nos ingénieurs les plus habiles.

Nous devrons parler aussi de ceux qui ont été proposés par MM. Mazeline, que l'on trouve toujours dans les grandes questions industrielles.

En attendant, nous croyons intéresser plusieurs de nos lecteurs en leur donnant aujourd'hui la machine à creuser les canaux et les rivières qui a été imaginée par MM. Amable Cavé et Claparède, il y a quelques années, et qui, après avoir fonctionné pendant quelques mois sur le canal Saint-Martin, a été appliquée ailleurs, en rendant des services incontestables.

Cette machine, qui porte à la fois son moteur, sa chaudière, et la drague qu'elle met en mouvement, se distingue des autres appareils qui ont été employés pour le creusement des rivières, en ce qu'elle transporte automatiquement, à distance, les matières qu'elle a enlevées du lit ou du sol où elle se trouve; et de plus, elle casse, elle brise par percussion les pierres qu'elle rencontre et qui formeraient obstacle à l'opération du draguage.

Le transport automatique s'effectue à l'aide d'un tablier mobile (1) qui, tout en recevant son action du moteur, peut prendre diverses positions, et en même temps des inclinaisons variables selon la hauteur du terrain ou de la berge sur laquelle les déblais doivent être déversés. Ce tablier se compose de deux joues ou grandes longrines en forte tôle qui, d'un bout, peuvent pivoter sur elles-mêmes, et de l'autre sont soutenues par un châssis à rouleau qui les élève à la hauteur voulue. Ces longrines servent de bâtis à des galets placés à égale distance pour supporter, tout en lui permettant de marcher, une longue toile sans fin formée de plaques de tôle percées et de barres plates en fer posées de champ.

La drague, composée de grands godets en tôle, armés sur les bords et réunis par de longs maillons en fer, peut aussi prendre diverses inclinaisons, selon la profondeur à laquelle elle doit creuser. Elle est placée entre les deux machines motrices qui ont été disposées symétriquement sur un fort bâtis horizontal que l'on peut mobiliser, puis assujettir solidement sur une espèce de grand chariot disposé aussi horizontalement; et, quelle que soit la place qu'on lui fait occuper, elle est toujours commandée, à la fois, par les deux bouts de l'axe qui lui sert de pivot ou de centre d'oscillation.

Le chariot permet à l'appareil de se déplacer sur la largeur entière du canal à creuser; et lui-même, reposant sur des longrines à crémaillères appliquées aux deux rives parallèles, a aussi la faculté de changer de position toutes les fois qu'il est nécessaire. Pour cela il se compose d'un énorme cadre rectangulaire qui, pour le canal Saint-Martin, n'avait pas moins de 17 mètres de longueur sur plus de 9 mètres de largeur, et formé de fortes tôles assemblées avec des cornières.

(1) L'appareil à tablier mobile de MM. Cavé et Claparède date de janvier 1859, époque à laquelle ils ont pris un brevet d'invention de quinze ans; nous en avons, des premiers, publié le principe dans le *Génie industriel* (nº de décembre 1860).

La rupture et la désagrégation des pierres et autres matières dures s'effectuent à l'aide d'un marteau-pilon à vapeur solidement relié avec l'appareil et pouvant, comme la drague elle-même, descendre à la profondeur voulue, afin de suivre avec celle-ci les parties creusées. Il ne fonctionne évidemment que dans des cas accidentels.

Enfin un fort treuil a été ajouté vers l'extrémité du bâtis de la machine pour servir à monter et descendre la drague avec le marteau selon les besoins.

De tels appareils, exécutés par des hommes expérimentés, comme le sont MM. Cavé et Claparède, ne laissent aucun doute sur les résultats qu'on doit en attendre; et lorsqu'ils sont conduits par des ouvriers intelligents, on peut être certain de réaliser de grandes économies. C'est pourquoi nous pensons rendre un véritable service en aidant à les répandre.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'APPAREIL

REPRÉSENTÉ PAR LES FIGURES DE LA PL. 36.

Nous regrettons que les grandes proportions données aux parties essentielles de cet appareil ne nous aient pas permis de le représenter à une échelle assez grande pour en apprécier tous les détails; mais nous espérons que les cotes et les dimensions principales que nous avons indiquées sur le dessin et dans le texte suppléeront, au moins en partie, à l'insuffisance de l'échelle.

Les fig. 1, 2 et 3, dessinées à 1/100e seulement, représentent des vues générales de tout l'appareil complet, en plan et en élévation longitudinale et transversale.

La fig. 4 montre à une échelle double, c'est-à-dire à 1/50e, la coupe longitudinale faite par le milieu de la machine, avec une élévation de la drague et du marteau-pilon.

Les fig. 5 et 6 représentent, à la même échelle de 1/50e, la vue de face et le plan du support à rouleau qui soutient le tablier et lui permet de changer d'inclinaison.

La fig. 7 est un détail du mécanisme de transmission de mouvement de la plate-forme.

Comme on a pu le comprendre par l'exposé qui précède, tout l'appareil de MM. Cavé et Claparède se compose :

1° Du moteur à vapeur, lequel consiste en deux espèces de locomobiles qui, d'après les dimensions adoptées par les constructeurs, peuvent largement produire une puissance effective de 15 à 20 chevaux;

2° De la drague proprement dite, formée de 16 grands godets en tôle agrafés à des chaînons en fer de 50 centimètres de longueur;

3° Du marteau-pilon destiné à couper les racines ou à briser les

pierres, et relié à la drague de façon à monter et à descendre avec elle.

4° Du treuil à engrenages, qui sert à la fois au déplacement du marteau et de la drague;

5° Du fort bâtis en tôle sur lequel reposent les deux locomobiles et le treuil, et qui porte en outre l'axe mobile de la drague et les points d'appui du marteau-pilon;

6° Du grand tablier mobile qui transporte à distance les matières enlevées par la drague, et du chevalet qui sert à le maintenir à la hauteur voulue;

7° Et enfin du grand chariot horizontal qui permet de déplacer tout le système, afin de travailler successivement sur toute la longueur et sur toute la largeur du canal à creuser.

Moteur a vapeur. — Les deux locomobiles qui composent la puissance motrice de la drague et du tablier consistent chacune en une chaudière à vapeur formée, d'une part, d'un corps cylindrique vertical A de 0m90 de diamètre, et de 1m70 de hauteur, et en outre, d'un corps également cylindrique, mais horizontal B, de 0m70 de diamètre sur 2m40 de longueur moyenne.

Le premier corps sert de foyer, comme dans les locomotives, et en même temps, par sa partie supérieure, de réservoir de vapeur; le foyer est nécessairement d'un diamètre plus petit que le corps de la chaudière, afin d'être entouré d'eau. On l'alimente de combustible par la porte *a* placée à la portée du chauffeur, et on le nettoie par le trou d'homme *a'*; les cendres et les escarbilles sont reçues dans le cendrier A' ménagé à la partie inférieure, et qui est fermé au besoin par un registre en tôle; un bouchon autoclave a^2 permet de vider tout le générateur par cette extrémité. Au sommet est une forte tubulure C, qui sert à la fois de siége à la soupape de sûreté et de prise de vapeur, au moyen du tuyau *c* qui conduit au cylindre.

Le corps horizontal B de la chaudière est presque complétement rempli de tubes en fer qui règnent dans toute sa longueur, et qui, recevant les produits de la combustion, augmentent notablement la surface de chauffe. Le tout est assemblé, d'un bout, avec le corps vertical, et de l'autre avec la boîte à fumée B', laquelle est surmontée de la cheminée d'appel C', et se prolonge dans la partie inférieure pour reposer sur le bâti horizontal de la machine.

On a eu le soin d'envelopper les deux corps du générateur de feutre et de douves en bois mince, cerclés par des bagues en cuivre sur plusieurs points.

C'est sur le corps horizontal B que les constructeurs ont fixé le cylindre à vapeur D, et la pompe alimentaire E, en les plaçant dans le même plan et sur la même ligne d'axe. La tige *d* des deux pistons est commune, et la bielle en fer *d'*, qui s'y relie vers son milieu, est, en grande partie, divisée en deux branches pour le passage du corps de pompe.

Cette bielle transmet le mouvement du piston à vapeur à l'arbre coudé en fer *e*, dont les supports sont boulonnés sur les parois latérales de la boîte à fumée. La distribution a lieu comme dans les locomobiles ordinaires, par un tiroir placé verticalement et actionné par un excentrique circulaire rapporté vers l'un des bouts de l'arbre *e*, en dedans des supports, et du côté du volant régulateur F.

Ainsi toute la construction du moteur est des plus simples. Il ne comprend ni tiroir additionnel de détente, ni appareil de condensation. La chaudière, étant timbrée à plus de six atmosphères, permet de marcher à une pression effective de 5 kilogrammes par centimètre carré dans le cylindre pendant presque toute la course du piston, parce qu'il n'y a qu'une faible détente par recouvrement. Comme l'appareil est destiné à travailler au dehors, sans être complétement à l'abri, on a dû chercher à en simplifier le mécanisme autant que possible. D'ailleurs, on admet que généralement la résistance est peu variable, en ce que le travail à produire est toujours à peu près le même ; il était donc tout naturel de ne pas compliquer l'exécution.

Drague ou chaine a godets. — A l'une des extrémités de l'arbre de couche *e* de chaque locomobile est ajusté un pignon droit *f* (fig. 1 et 4), qui engrène avec une grande roue droite *g*, montée au bout de l'arbre horizontal *h*, lequel doit faire marcher en même temps la drague et le tablier mobile. On voit que cet arbre est actionné par les deux extrémités, puisqu'il porte deux roues semblables, qui, pour présenter plus de solidité, sont fondues avec des joues latérales.

Le diamètre primitif de ces roues est de 2^{m}150, tandis que celui des pignons n'est que de 0^{m}215 seulement, de sorte que le rapport qui existe entre les vitesses de rotation des deux arbres *e* et *h* est de 10 à 1. On sait que, dans les bonnes transmissions de mouvement, les constructeurs évitent d'adopter des rapports aussi grands, parce que les pressions latérales sur les axes deviennent trop considérables, et que l'usure des dents et des coussinets est plus rapide. Mais dans un appareil spécial comme celui qui nous occupe, on a été évidemment amené à rendre la transmission la plus simple et la plus économique possible, tout en produisant le travail nécessaire.

L'arbre *h* est porté par deux grands et forts supports en fonte G qui, comme la chaudière, sont boulonnés sur le bâtis, ou plate-forme horizontale H de la machine, en se reliant en outre à la boîte à feu. Sur son milieu est ajusté à demeure le tambour carré I, de 0^{m}41 de côté, fondu avec des joues latérales circulaires de 0^{m}70 de diamètre extérieur.

Ce tambour est destiné à recevoir les deux rangs parallèles de maillons en fer *i*, sur lesquels sont adaptés les grands godets en tôle J, dont les bords sont doublés d'une bande de fer qui les consolide, et leur permet de résister aux efforts qu'ils éprouvent en attaquant la terre ou le sable dont ils se remplissent. Ces godets sont percés de trous afin de

laisser écouler l'eau qui pourrait se trouver dans la masse à déblayer. Leur nombre est limité par leur capacité et par l'étendue que l'on donne à la drague, ce qui dépend naturellement de la profondeur à laquelle elle doit creuser. Dans l'appareil que nous avons dessiné, on en compte seulement 16 ; mais ils ont chacun $0^{m}50$ de profondeur moyenne, $0^{m}45$ de largeur intérieure, $0^{m}50$ d'ouverture à l'entrée, et $0^{m}30$ au fond, soit une longueur moyenne de $0^{m}40$, de sorte que leur capacité est réellement de

$$0^{m}50 \times 0{,}45 \times 0{,}40 = 0^{m.c}090 \text{ ou } 90 \text{ litres.}$$

La distance qui les sépare est de 1 mètre, et la longueur des maillons mesurée d'axe en axe, de $0^{m}50$; ces derniers ont 6 centimètres de largeur sur 3 centimètres d'épaisseur et les axes en fer qui les réunissent ont 3 centimètres de diamètre.

Un second tambour carré I', semblable au premier, est appliqué à la partie inférieure de la drague, pour recevoir de même les deux rangs de maillons. Son axe *h'* est rapporté à l'extrémité de deux grandes longrines ou poutrelles K', ayant près de 7 mètres de longueur, et maintenant l'écartement des deux axes *h* et *h'*, quelle que soit d'ailleurs la position que l'on fait prendre à la drague. Ces poutrelles se composent d'une forte tôle renforcée par des cornières, boulonnées, d'un bout, aux grands supports G; elles portent, de l'autre, les coussinets de l'axe *h'*, et vers leur milieu, l'axe de deux galets à une joue *j*, qui soutiennent par leur circonférence les maillons de la drague dans la partie où elle est le plus chargée, et sur laquelle elle fatigue le plus, c'est-à-dire là où passent les godets remplis ; tandis qu'en dessous la chaîne est libre et forme une sorte de courbe allongée, parce que les godets sont vides.

Ce sont seulement les derniers, ceux qui se trouvent à la partie inférieure de la drague, au-dessous du second tambour I', qui rencontrent le sol ou le lit de la rivière, et prennent successivement une certaine quantité de terre ou de sable qu'ils enlèvent en remontant sur le tambour pour l'amener à l'autre extrémité, jusqu'au-dessus du premier tambour où ils se vident en se renversant, comme on le voit sur la coupe verticale fig. 4.

En plaçant alors près de ce tambour et à la hauteur convenable sans gêner le passage des godets, une trémie en tôle de la largeur comprise entre les deux grandes roues dentées, celle-ci reçoit tout le sable au fur et à mesure que les godets le déversent, et par un conduit incliné, qui la prolonge au-dessous, il est naturellement dirigé sur le *tablier* sans fin T.

Travail de la drague. — On peut admettre que la vitesse normale de l'axe *i* du premier tambour est de 10 tours par minute, ce qui est regardé dans la pratique comme une marche moyenne, lorsque le déblai à effectuer est régulier, et que l'on ne rencontre pas d'obstacle sérieux. Puisque le rapport entre les engrenages est de 1 à 10, il faut, pour ob-

tenir cette vitesse, que les axes des machines motrices fassent 100 révolutions dans le même temps ; ce qui n'est pas exagéré si l'on remarque que la course des pistons à vapeur est de 0m30 seulement ; par conséquent leur vitesse moyenne, par seconde, est de

$$\frac{0,30 \times 2 \times 100}{60} = 1 \text{ mètre}$$

c'est-à-dire la vitesse normale des machines à vapeur fixes ordinaires.

Si on suppose que l'on travaille, comme cela a lieu souvent, dans des remblais de sable humide, ne présentant pas une grande résistance pour se détacher, il est facile de régler la drague de façon que les godets se remplissent généralement aux deux tiers, par suite la quantité enlevée par chacune serait de :

$$\frac{90 \times 2}{3} = 60 \text{ litres ou décimètres cubes.}$$

Or à chaque révolution du tambour, deux godets se vident, par conséquent le travail produit par 1′ est égal à

$$2 \times 10 \times 60 = 1200 \text{ décimètres cubes,}$$

soit par heure,

$$1200 \times 60 \times 72000 \text{ décimètres cubes ou 72 mètres cubes.}$$

Ainsi l'appareil est capable de fournir un déblai de 720 mètres cubes de sable par journée de 12 heures, en admettant 2 heures employées soit aux changements de place de la machine, soit au graissage ou à des réparations de peu d'importance.

Nous avons pu constater que le grand appareil double appliqué au canal Saint-Martin, et qui a fonctionné en notre présence pendant plusieurs jours, était capable de produire un tel travail quand le banc de sable qu'il attaquait présentait des couches régulières de 1m50 à 2 mètres d'épaisseur, et que l'on avait préalablement effectué les épuisements nécessaires pour que les couches ne fussent pas trop trempées d'eau. Nous avons, en effet, indiqué dans le *Génie industriel* (tom. XXI), qui a paru à l'époque où l'on effectuait ce grand travail, les résultats suivants :

20 godets se remplissant seulement chacun de 40 litres de sable par 1′ fournissaient par heure

$$20 \times 40 \times 60 = 48{,}000 \text{ litres ou 48 mètres cubes.}$$

En se remplissant aux 2/3, on aurait certainement enlevé 72 mètres cubes.

Selon nous, les machines motrices de l'appareil représenté sont assez puissantes pour permettre au besoin de marcher plus vite, c'est-à-dire à 120 tours par minute, au lieu de 100, et d'actionner la drague et le



tablier avec 24 godets, au lieu de 20, et qui, dans bien des cas, pourraient se remplir aux deux tiers.

MARTEAU-PILON. — MM. Cavé et Claparède voulant rendre leur appareil applicable dans des terrains durs, calcaires, susceptibles de renfermer des pierres, des racines d'arbres, ou autres objets formant obstacle au passage de la drague, ont pensé à ajouter un système de marteau à vapeur assez puissant pour briser ces obstacles, et les désagréger. Ils ont dû, à cet effet, le disposer de façon à ce qu'il puisse suivre les changements de position de la drague, c'est-à-dire descendre avec elle au fur et à mesure que le creusement s'effectue.

Ce marteau se compose d'un cylindre vertical L, qui reçoit la vapeur des générateurs A par un tuyau composé de plusieurs tronçons *l* (fig. 4), assemblés à charnière, afin d'obéir à son déplacement. Son tiroir de distribution se manœuvre à la main, à l'aide d'une manette *k* qui est à la portée de l'ouvrier. La tige de son piston se termine par une douille en fer qui la réunit par une forte clavette à une masse de fonte *m*, au bas de laquelle se fixe l'espèce de louchet ou de bêche en tôle *m'*, terminée par un couteau d'acier trempé qui, en tombant, tranche ou brise l'objet qu'il rencontre.

La course du piston est de plus d'un mètre, et comme le poids qu'il porte avec la masse et le louchet est au moins de 600 kilogrammes, on voit que l'instrument remplit l'action d'un mouton énergique capable, comme nous l'avons dit, de couper ou de briser les obstacles.

Le système est porté par un double châssis en fonte M, qui n'est pas fixé d'une manière invariable au bâtis ou plate-forme H, mais au contraire, relié d'une part, à sa partie inférieure avec l'axe *h'* de la drague, et de l'autre par le haut avec les longrines ou poutrelles de tôle K, au moyen de forts tirants en fer à coulisse *n*. On peut alors le faire descendre ou le faire monter en même temps que la drague, au moyen d'une crémaillère verticale qui est solidement attachée au bâtis, et d'un pignon denté dont l'axe est commandé par une roue et une vis sans fin, afin de rendre la manœuvre facile.

TREUIL A ENGRENAGES. — Le marteau pilon n'est pas seulement retenu par les crémaillères, mais comme le double châssis dans lequel il est renfermé et peut jouer, est relié aux longrines de la drague, les deux appareils sont nécessairement solidaires, de sorte qu'il faut toujours les manœuvrer ensemble ; quand l'un doit descendre ou monter, l'autre en fait autant.

Pour cela, les constructeurs ont disposé à l'extrémité du bâtis horizontal de la machine un treuil à engrenages N, qui se manœuvre par des manivelles *o*. La chaîne *o'* (fig. 2) qui s'enroule sur le tambour de ce treuil va s'attacher vers l'extrémité inférieure des longrines, à la jonction des châssis, en passant sur des poulies de renvoi *p*, qui la dirigent dans le sens convenable.

Ainsi, quand les deux hommes appliqués aux manivelles font enrouler la chaine sur son tambour, ils soulèvent à la fois la drague et le marteau, mais il importe qu'en même temps un ouvrier agisse sur la manivelle qui fait mouvoir les pignons correspondants aux crémaillères.

Des cliquets d'arrêt, appliqués à la fois sur le treuil et sur l'axe des pignons, retiennent tout le système dans la position qu'on a voulu lui donner.

Batis horizontal ou Plate-forme. — Le bâtis sur lequel reposent les deux machines motrices, ainsi que le treuil et les supports de la drague, se compose de quatre fortes poutrelles en tôle H, formant un grand cadre horizontal de 9m350 de longueur, évidé au centre pour le passage des godets, et présentant une largeur irrégulière de 3m60 dans la plus grande partie destinée à recevoir les locomobiles, et 2m76 seulement du côté du treuil. Il forme ainsi un plancher de service dont les bords sont garantis par une balustrade en fer. Un petit plancher en tôle, également bordé d'un garde-fou, est aussi rapporté entre les châssis du pilon et descend avec lui, pour porter l'ouvrier qui manœuvre cet appareil.

La hauteur des poutrelles H est de 0m70; leurs tôles, de 8 millimètres d'épaisseur, sont rivées et réunies par des cornières qui leur donnent toute la rigidité désirable. Les boulons qui assujettissent les grands supports G et les machines motrices sur les poutrelles traversent celles-ci dans toute leur hauteur, ce qui ajoute encore à la solidité générale.

Comme ce grand cadre, ainsi que la drague et son moteur, doit se déplacer à chaque instant, pendant le travail, les constructeurs se sont arrangés pour effectuer cette manœuvre d'une manière automatique. A cet effet, ils ont d'abord adapté vers les angles du cadre quatre grands galets à une joue *q* (vus en ponctués fig. 4) qui, pouvant tourner librement sur eux-mêmes roulent sur deux chemins parallèles simplement composés de deux cornières renversées *r*, rivées entre elles et fixées sur les deux longs côtés du chariot mobile dont nous parlerons plus loin.

Ces chemins servent en même temps de crémaillères dont la denture est formée de goujons cylindriques en acier, plantés verticalement et à égale distance entre les deux bords horizontaux des cornières. Des pignons droits *r'* (fig. 4 et 7), qui n'ont que 0m20 de diamètre, et dentés convenablement (comme pour les engrenages à fuseaux) (1), engrènent avec ces crémaillères et ils reçoivent un mouvement de rotation très-lent des axes verticaux en fer, à l'extrémité desquels ils sont ajustés. Ces axes, mobiles, dans des coussinets rapportés à l'intérieur des deux longues poutrelles du bâti H, sont commandés par les roues d'angle *s* (fig. 7),

(1) On peut consulter pour le tracé et la construction de ces sortes de dentures et des engrenages en général le *Cours de dessin de machines*, que nous avons publié avec MM. Armengaud jeune et Amouroux, ainsi que la première partie du *Vignole des mécaniciens*.

dont le diamètre est de 0m 42, et avec lesquelles sont engrenés les pignons d'angle *s'*, qui n'ont que le tiers de ce diamètre, c'est-à-dire 0m 14.

L'axe horizontal brisé de ces pignons porte deux autres roues d'angle *t*, de même diamètre que les précédentes, et qui engrènent à la fois avec un pignon unique *t'*, également de 0m 14 de diamètre, mais dont l'axe, placé perpendiculairement, et dans le même plan que le précédent, porte une poulie à dents qui, à l'aide d'une chaîne sans fin, dite *chaîne de Galle*, est commandée par une poulie semblable P' (fig. 1 et 3), montée sur l'un des bouts de l'arbre *h* de la drague.

On voit que par cette combinaison de mouvement, qui, à la vérité est forcément un peu compliquée, à cause de la disposition même de l'appareil, chaque révolution du tambour I fait faire un tour aux poulies à chaîne et par conséquent au pignon d'angle *t'*. Par suite les roues *t* et les pignons *s'* font un tiers de tour, et les roues *s*, avec les pignons droits *r'* ne font plus que :

$$1/3 \times 1/3 = 1/9 \text{ de tour.}$$

Et comme le diamètre primitif de ces pignons n'est que de 0m 20, il en résulte que le déplacement du système correspond à

$$\frac{0{,}20 \times 3{,}1416}{9} = 0^{m}0698$$

c'est-à-dire un peu moins de 7 centimètres par révolution du tambour.

De sorte qu'avec la vitesse moyenne de 10 tours par minute l'avancement total de la machine est de près de 70 centimètres, soit au moins de 4 mètres par heure ; par conséquent il faudrait environ 4 heures pour enlever une égale couche de déblai sur une largeur de 16 mètres.

Nous ferons remarquer que les godets de la drague peuvent attaquer et prendre la terre ou le sable par le côté, ainsi que cela avait lieu au canal Saint-Martin, ou bien par le fond ; et que dans l'un comme dans l'autre cas, ils se remplissent au degré voulu lorsqu'ils sont convenablement réglés.

Grand tablier mobile. — Nous avons dit que l'une des principales et vraiment importantes particularités de l'appareil proposé par MM. Cavé et Claparède, pour effectuer le creusement des rivières et des canaux, consistait dans l'ingénieuse disposition d'un tablier mobile qui a l'avantage de recevoir les matières enlevées par la drague et de les transporter à distance sur la berge, automatiquement, sans le secours des ouvriers, ce qui permet de réaliser une économie notable sur la main-d'œuvre.

A première vue, on ne comprend pas bien la possibilité de remplir une telle condition, à cause des difficultés pratiques qu'elle présente. Il faut en effet que le tablier puisse, non-seulement se mouvoir sur lui-même, mais encore se déplacer en même temps que la drague, et de plus

prendre des inclinaisons différentes selon les points variables où il doit déverser les produits qu'il apporte.

Voici comment les habiles constructeurs ont résolu le problème.

Aux extrémités des deux grandes longrines en fer W, qui n'ont pas moins de 12m 50 de longueur et 0m 83 d'écartement, ils ont ajusté comme dans la drague, les axes de deux tambours carrés R, de 0m 45 de côté, et réparti, à égale distance sur toute leur étendue, 6 paires de galets S ou poulies à joues, qui peuvent tourner librement sur elles-mêmes. Ces galets sont destinés à porter et à guider les longs maillons en fer de deux chaînes sans fin u, auxquelles sont attachées, par les bords latéraux, des feuilles de tôle rectangulaires T, qui forment le tablier proprement dit, ou une toile sans fin métallique.

Ces feuilles de tôle de 5 à 6 millimètres d'épaisseur sont toutes percées de petits trous qui, au besoin, laissent écouler les gouttelettes d'eau que les godets de la drague auraient pu y amener. Elles sont d'une dimension telle qu'elles dépassent, dans le sens de la longueur, chaque côté du carré des tambours de plusieurs centimètres, et dans le sens de la largeur, elles correspondent à l'écartement qui existe entre les deux chaînes, de sorte que la superficie de chaque feuille est de :

$$0^{m}54 \times 0{,}60 = 0^{m.q.}324,$$

laquelle est en grande partie couverte par le sable ou la terre qu'elle reçoit pendant le travail, et dont la couche est nécessairement plus épaisse au centre que sur les bords où elle va tout naturellement en s'amincissant.

Les longrines Q sont formées soit avec des tôles renforcées sur les bords par des cornières, ce qui permet de leur donner plus de hauteur dans le milieu qu'aux extrémités, soit avec des fers à double T, de 14 à 15 millimètres d'épaisseur. Dans ce dernier cas, elles ont 0m22 de hauteur moyenne ; sur leur bord supérieur sont rivés les petits supports des tourillons des galets s, et sous leur partie inférieure, elles portent aussi les supports des axes de deux autres paires de galets S′ (fig. 3), qui soutiennent la portion libre de la toile sans fin.

Les tambours carrés R sont composés chacun de deux disques en fonte à joue circulaire de 0m80 de diamètre extérieur. Leurs axes sont ajustés aux extrémités des longrines, et l'un d'eux seulement, le plus éloigné, reçoit du moteur un mouvement de rotation continu qui est en rapport, comme on va le voir, avec la vitesse même de la drague.

Cet axe porte, d'un bout, une poulie dentée de 0m40 de diamètre, sur la circonférence de laquelle passe une chaîne de Galle, qui la met en communication avec une autre poulie v (fig. 1 et 4), exactement pareille, ajustée à l'une des extrémités de l'axe en fer x, appliqué vers l'autre bout des longrines, près de l'appareil, et autour duquel tout le système peut pivoter comme sur un centre fixe.

La chaîne sans fin passe sur une troisième poulie semblable r', montée au bout d'un arbre en fer x' (indiqué en traits ponctués fig. 4), adapté au bâti horizontal H. C'est cet arbre qui doit transmettre au tablier la marche rotative que lui imprime le moteur de la drague.

Pour cela, comme il ne se trouve pas dans le même plan que l'axe du tambour I, on est obligé de renvoyer le mouvement par une paire de roues d'angle y, y', qui, pour conserver la vitesse de celui-ci, sont de même diamètre (0^m50), et commandées par deux poulies égales r^2 (fig. 1 et 3), à chaîne sans fin.

Il résulte de cette disposition que la vitesse de rotation des axes du tablier mobile est exactement égale à celle des axes de la drague, c'est-à-dire de 10 tours par minute à l'état normal. Par conséquent, il passe sur chaque tambour R autant de feuilles T dans un temps donné que de godets sur les tambours de la drague ; ce qui veut dire que chaque feuille de tôle doit être d'une étendue suffisante pour recevoir le produi qui a été amené par un godet. C'est en effet ce qui a lieu dans le travail ordinaire de la machine.

Chevalet mobile. — Pour maintenir le tablier sans fin dans la direction qu'on lui fait prendre, et au besoin l'incliner plus ou moins selon la hauteur de la berge sur laquelle il doit déverser les déblais, les constructeurs ont imaginé une sorte de chevalet mobile qui peut rouler sur un chemin de fer et être manœuvré aisément à la main.

Ce chevalet se compose de deux grands châssis verticaux en bois U, montés sur deux essieux en fer, munis de quatre roulettes en fonte, à joue extérieure. Entre les montants du milieu de ces châssis, traverse un axe en fer w, qui porte un double galet cylindrique V, sur lequel reposent les deux longrines Q, comme le montre la fig. 5. Ce double galet est soutenu à hauteur par deux chaînes parallèles qui, passant sous l'axe qu'elles tiennent en suspension, sont solidement accrochées d'un bout à une charpente U', posée en travers et de champ sur la partie supérieure des châssis.

L'autre extrémité de ces deux chaînes, après avoir passé sur des poulies de renvoi, s'enroule sur le tambour d'un treuil X, que l'on manœuvre à l'aide d'une paire d'engrenages par deux manivelles X', placées à 0^m90 du sol, sur lequel se trouvent les ouvriers chargés de ce service.

On comprend qu'il suffit de faire tourner ces manivelles dans le sens convenable pour élever le rouleau, et par suite les longrines et tout le tablier à la hauteur nécessaire. Tout le système pivote alors, comme nous l'avons dit, autour de l'axe x (fig. 3), qui, par cela même, ne produit aucun changement dans la transmission de mouvement.

Grand chariot horizontal. — L'appareil dragueur ne doit pas seulement se déplacer dans le sens transversal du canal à creuser, mais encore dans le sens longitudinal. C'est pourquoi les constructeurs l'ont monté

sur un chariot horizontal W, dont les dimensions sont très-grandes. Ainsi, pour l'application spéciale où nous l'avons vu fonctionner, sa longueur totale était de 17 mètres, et sa largeur de 9m335. Devant former un très-grand cadre rectangulaire, il est composé, comme le bâti des machines motrices, de deux fortes poutres longitudinales réunies par deux autres transversales, présentant en section,

les premières 0m740 de hauteur sur 0m60 de largeur,
et les secondes la même hauteur sur une largeur réduite de 0m40.

Ces poutres sont également formées de feuilles de tôle de 10 millimètres d'épaisseur, réunies à chaque bord par des cornières en fer.

Vers les quatre angles de cet énorme cadre sont adaptées quatre roues à rebord Y, qui permettent de le faire marcher à l'aide de crics à levier Z (fig. 1), sur deux chemins parallèles fixés sur la berge.

Les axes verticaux de ces crics sont munis, à leur extrémité inférieure, de pignons dentés *z* (fig. 4), qui engrènent latéralement avec les deux longues crémaillères Z′, à denture en acier, solidement boulonnées sur les chemins.

Toutes les fois que l'on doit changer la place du chariot, les hommes de service viennent s'appliquer aux leviers des crics, et, à un signal donné, agissent simultanément pour faire tourner le pignon.

Comme les leviers sont munis de cliquets d'arrêt, on peut toujours les ramener à leur position primitive, sans détourner les axes des pignons, et de plus maintenir le tout complétement immobile.

Il est évident que le déplacement de ce grand chariot horizontal et de tout l'appareil qu'il porte n'a lieu que rarement, soit, par exemple, 2 à 3 fois par jour, si on le fait seulement après que la drague a opéré sur toute la largeur du canal, puisque l'on a vu qu'il faut 4 heures environ pour enlever une égale couche de déblai dans une étendue de 16 mètres.

RÉSULTATS COMPARATIFS

DU TRAVAIL DE L'APPAREIL AUTOMATIQUE DE MM. CAVÉ ET CLAPARÈDE AVEC CELUI DES PROCÉDÉS ORDINAIRES.

En suivant les travaux qui ont été effectués en 1860 pour le creusement du canal Saint-Martin, nous avons pu aisément nous rendre compte des résultats obtenus par les divers procédés que l'on a appliqués, et nous les avons fait connaître dans les nos 125 et 126 du *Génie industriel*.

Il ressort de la comparaison même des chiffres constatés par expérience, que quand les appareils de MM. Cavé et Claparède enlevaient 400 mètres cubes de déblai par journée de 10 heures, à une hauteur totale de 10 mètres, et avec un parcours horizontal, sur les reins de la voûte,

de 10 à 12 mètres, le prix de revient du mètre cube était de 50 centimes, tandis que par les moyens ordinaires, en chargeant et transportant à la brouette, il est au moins de 1f10 à 1f20 ; et avec l'emploi de la noria actionnée par une locomobile, il s'élève encore à plus de 0f80.

Or, nous avons vu plus haut que le travail de l'appareil peut être bien supérieur à 400 mètres cubes ; il est, en effet, capable de s'élever à 6 ou 800 mètres cubes par jour, soit une moyenne de 700 mètres cubes; par suite, le prix de revient du mètre cube serait de beaucoup inférieur à 50 centimes.

Le personnel employé pour le service des deux appareils superposés qui ont fonctionné au canal Saint-Martin, était de 15 à 16 personnes, soit pour diriger et déplacer les machines, soit pour rallonger ou raccourcir les tabliers mobiles de la piocheuse et de l'élévateur, soit pour changer l'inclinaison des chaînes à godets, soit encore pour faire avancer le grand chariot chaque fois que la piocheuse arrivait à l'extrémité de sa course, soit enfin pour surveiller tout le mécanisme et ramasser au besoin les parcelles de terre ou de sable qui tombaient au dehors des tabliers.

Pour une machine unique telle que celle qui vient d'être décrite, appliquée au creusement d'un canal de 16 mètres de largeur sur 4 mètres de profondeur, pour lequel la hauteur moyenne des terres élevées ne serait pas de plus de 7 à 8 mètres, et le parcours horizontal de 10 à 12 mètres, on estime qu'un personnel de 7 à 8 hommes au plus serait largement suffisant, et que le mètre cube de déblai ne dépasserait pas 25 centimes.

Avec des entrepreneurs habiles et des ouvriers exercés aux manœuvres d'un tel appareil, on pourrait effectuer des terrassements très-importants (comme ceux du canal de l'isthme de Suez), d'une manière très-économique, en employant un personnel infiniment moins nombreux et moins embarrassant que par les procédés ordinaires. Aussi, nous le répétons, on ne saurait trop propager l'emploi de ces moyens mécaniques, qui sont appelés à rendre les meilleurs services dans les grands travaux publics.

PRODUCTION DU FROID ARTIFICIEL

APPAREIL INDUSTRIEL CONTINU

POUR FABRIQUER LA GLACE

ET

APPAREIL DOMESTIQUE INTERMITTENT

Par MM. CARRÉ et C[e]

Et construits par MM. MIGNON et ROUART, à Paris

(PLANCHE 37)

Nous avons été des premiers à faire connaître les ingénieux appareils réfrigérants de M. Carré. Dans le vol. XIII de ce Recueil nous avons décrit les principes sur lesquels ils sont fondés, et donné le dessin d'un appareil industriel destiné spécialement à l'extraction du sulfate de soude.

L'Exposition universelle de Londres en 1862 a permis à une foule de visiteurs d'admirer la facilité avec laquelle s'obtenaient des blocs de glace; la plupart, il est vrai, ne pouvaient que constater le fait, sans pouvoir se rendre compte de la cause, car le système repose sur une application complétement nouvelle de principes et de découvertes scientifiques.

Il y avait aussi, à cette même exposition, une autre machine à faire la glace, patentée au nom de M. Harrisson et exploitée à Londres par M. Siebe; mais tandis que dans le premier système la production du froid est obtenue en utilisant les proprietés de l'ammoniaque, dans la seconde il est produit par l'évaporation de l'éther dans le vide. Voici du reste, à ce sujet, en quels termes les deux appareils sont appréciés par M. Lan, ingénieur en chef des mines, membre du jury international (1) :

« Dans l'appareil de M. Carré, une dissolution ammoniacale très-concentrée est vaporisée dans une chaudière qui ne laisse échapper que du gaz ammoniac

(1) Rapports des membres de la section française du jury international sur l'ensemble de l'Exposition universelle à Londres, en 1862. Tome VI.

à peu près complétement déshydraté. Ce gaz se liquéfie dans un serpentin convenablement refroidi, et sous la pression de la chaudière, c'est-à-dire dix ou douze atmosphères. — L'ammoniaque liquide est chassée dans le réfrigérant sous cette pression, en passant par un distributeur qui ne laisse arriver que l'ammoniaque liquide et en quantité voulue. Dans le réfrigérant, le liquide se vaporise de nouveau, en produisant du froid ou de la glace, si on l'entoure d'eau.

« On détermine cette vaporisation dans le réfrigérant en mettant celui-ci en communication avec un vase contenant de l'eau peu chargée d'ammoniaque, qui aspire et dissout les vapeurs à mesure qu'elles se forment. L'eau qui se trouve dans le vase absorbant est d'ailleurs le liquide même de la chaudière qui sort par le bas de celle-ci, quand il est convenablement appauvri, pour y rentrer quand il a absorbé de nouveau l'ammoniaque. La seule force motrice nécessaire est celle qui consomme le refoulement du liquide en l'absorbant dans la chaudière; mais jusqu'à une production de 50 kilogrammes de glace par heure, les bras d'un homme suffisent à ce travail.

« Ainsi, tout se réduit à une circulation complète du liquide volatil, dont les deux éléments, l'eau et l'ammoniaque, se trouvent tour à tour réunis ou séparés soit par la condensation, soit par l'évaporation, leur affinité mutuelle jouant ici le rôle important.

« Maintenant, pour se faire une idée de l'esprit d'invention de M. Carré, il faudrait étudier les détails par lesquels il a réalisé cette circulation. Ces vaporisations et condensations successives, dans les diverses parties d'une même machine, comportaient des difficultés du même ordre que celles que Watt dut autrefois trouver dans la substitution de sa machine à celle de Newcomen. M. Carré les a résolues par des moyens analogues et avec une parfaite connaissance des propriétés des vapeurs.

« Quant aux résultats, M. Carré annonce pouvoir faire couramment 10 à 15 kilogrammes de glace avec 1 kilogr. de combustible, et atteindre, d'ailleurs, des froids de 20 à 30 degrés dans le réfrigérant.

« La machine à glace patentée au nom de M. Harrisson et exploitée, à Londres, par M. Siebe, est fondée sur le froid que produit l'évaporation de l'éther dans le vide. Une cuve où l'on introduit de l'éther est en communication avec un cylindre aspirant et foulant dont le piston est mû par une machine à vapeur. La vapeur d'éther aspirée par ce cylindre est refoulée dans un serpentin enveloppé par l'eau d'une seconde cuve, où elle se concentre pour retourner à l'état liquide dans la première. Celle-ci est entourée d'une dissolution saturée de sel marin qui se refroidit à 12 ou 15 degrés au-dessous de zéro, et qui, à cette température, circule dans un long cuvier à compartiments renfermant l'eau pure à congeler.

« A ce simple énoncé, on voit déjà que, sous le rapport de l'intensité du froid, cette seconde machine est bien inférieure à la première. Si l'on en croit les renseignements qui nous ont été communiqués, elle donnerait 5 kilogr. de glace seulement par kilogr. de houille, et il faudrait ajouter à l'excédant de dépenses qui résulte de là les pertes d'éther qui sont assez notables. A cause des rentrées d'air qui se produisent nécessairement par les garnitures du cylindre aspirant et foulant, il faut effectivement une pompe à air qui, en fonctionnant de temps en temps, enlève de l'éther en même temps que l'air. Encore une fois nous

manquons d'expériences positives; mais quand on considère les nombreux intermédiaires par lesquels la machine Siebe transforme la chaleur en froid, on reconnaît combien son coefficient d'effet utile doit être réduit. Ajoutons que cette machine coûte notablement plus cher que celle de M. Carré. Ainsi, pour 50 kilogr. de glace à l'heure, une machine Carré ne coûterait que 7,500 francs de premier établissement, contre 13 à 14,000 francs, plus un moteur de 4 chevaux chez M. Siebe. C'en est assez, pensons-nous, pour établir la supériorité du premier système sur le second.

« Dans tout ce qui précède, nous n'avons considéré comme appareils Carré que ceux qu'il appelle continus, et qu'il destine à produire le froid continu ou de la glace par grandes masses. Mais il construit aussi de petits appareils intermittents pour usages domestiques, produisant de 1/2 kilogr. à 2 ou 3 kilogr. de glace par heure ; deux chaudières de quelques litres de capacité produisent alternativement la condensation et la vaporisation de l'ammoniaque. »

On voit que, dans ce rapport, M. Lan n'a voulu donner qu'une idée tout à fait sommaire des appareils réfrigérants de M. Carré, une description complète en ayant été faite précédemment par M. Pouillet et publiée dans les comptes rendus de l'Académie des sciences.

Pour faciliter l'étude de l'appareil que nous avons représenté pl. 37, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire, en grande partie, l'excellent travail de M. Pouillet. Nous ferons remarquer seulement que par ses dimensions cet appareil peut produire 100 kilogr. de glace par heure, tandis que dans celui expérimenté par M. Pouillet, la production, comme on le verra, n'était que de 25 kilogrammes par heure. Sa puissance *réfrigérante* était donc de 2,500 calories à l'heure, puisque l'eau prise à la température ordinaire doit perdre à peu près 100 calories par kilogramme pour se transformer en cylindres de glace, dont l'intérieur même arrivait à plusieurs degrés au-dessous de zéro.

« En estimant ainsi, dit M. Pouillet, la puissance de l'appareil par le nombre des calories qu'il est capable d'enlever par heure au corps qu'on lui donne à refroidir, il ne faut pas perdre de vue qu'il y a encore un élément dont il faut tenir compte, savoir, l'intensité du froid produit. En effet, un appareil qui prend par heure 2,500 calories à un corps en le faisant descendre par exemple de 10° à 0°, n'est aucunement comparable à un autre appareil qui lui enlèverait de même 2,500 calories par heure; mais pour le faire descendre de — 20° à — 30°. Il faut donc essentiellement, pour exprimer d'une manière complète la puissance réfrigérante d'un appareil donné, mentionner à la fois le nombre des calories qu'il enlève par heure et les deux températures limites entre lesquelles le refroidissement s'est accompli.

« Les principes généraux sur lesquels repose la construction de l'appareil de M. Carré sont très-simples ; ils ont été mis en œuvre dans les divers *cryophores* ou *frigérateurs* imaginés jusqu'à ce jour. Il importe de les rappeler ici.

« Un liquide plus ou moins volatil est contenu dans un vase hermétiquement fermé, analogue à une chaudière à vapeur, mais avec cette différence qu'au lieu de recevoir le feu d'un foyer il donne du froid autour de lui ; ce vase, que

nous appellerons le *réfrigérant*, communique par un large tube à robinet avec un espace vide que nous supposerons d'abord très-grand. Au moment où l'on ouvre le robinet, les vapeurs du liquide, par leur force expansive, se précipitent dans le vide, d'autres vapeurs se forment à l'instant qui s'y précipitent à leur tour, et l'opération se continue de la sorte tant qu'il reste du liquide à vaporiser. Ces vapeurs ne peuvent se former qu'en prenant aux parois du réfrigérant toute la chaleur latente qui est nécessaire à leur existence et à leur élasticité; ainsi le réfrigérant se refroidit de plus en plus, et, pour se remettre en équilibre de température, il enlève aux corps extérieurs qui le touchent ou qui l'entourent toute la quantité de chaleur qu'il a dû fournir à l'évaporation. S'il se forme, par exemple, suivant la capacité du réfrigérant, 10 ou 100 kilogrammes de vapeur à l'heure, le nombre de calories enlevées sera :

de 5,000	ou	50,000,	si le liquide volatil est de	l'eau,
2,000	ou	20,000,	»	l'alcool,
900	ou	9,000,	»	l'éther,

car les chaleurs latentes de ces liquides sont par kilogramme d'environ 500, 200 et 90 calories.

« Quant au degré de froid auquel le réfrigérant peut arriver par ces évaporations spontanées, il dépend surtout de la nature du liquide volatil; en se servant de l'eau, on pourrait à peine arriver à quelques degrés au-dessous de zéro, parce que la solidification, sans lui ôter la propriété de donner des vapeurs, lui ôte la propriété de les donner en grande abondance; au contraire l'alcool, l'éther et les autres corps volatils qui restent liquides aux plus basses températures, restent aussi plus ou moins capables de donner d'abondantes vapeurs, et par conséquent de produire de très-grands degrés de froid.

« Ce qui est si simple en théorie, se complique étrangement lorsqu'il faut arriver à la pratique, lorsqu'il faut donner un corps à ces premières idées pour constituer une grande machine à effet continu, travaillant avec régularité et se gouvernant elle-même à peu près comme une machine à vapeur : c'était là une question véritablement difficile, dont M. Carré nous donne enfin une solution satisfaisante.

« Indiquons d'abord les principales difficultés ou plutôt les points sur lesquels elles portent.

« 1° Nous avons supposé que le réfrigérant était mis en communication avec un espace vide indéfiniment grand et que la vapeur pouvait se former sans cesse en vertu de la force élastique qui lui est propre; cette hypothèse n'est pas réalisable : il faut donc y suppléer en aspirant cette vapeur à mesure qu'elle se forme; de plus il faut la comprimer ou la liquéfier et la recueillir pour l'employer à nouveau, parce qu'elle coûterait trop cher si elle devait se perdre.

« 2° Il faut introduire dans le réfrigérant un poids de liquide égal au poids de la vapeur qui s'y forme dans un temps donné et que l'on en retire par aspiration, comme nous venons de le dire ; c'est la condition de rigueur sans laquelle la marche de l'appareil ne pourrait être ni régulière ni continue.

« 3° Il faut que tous les joints et toutes les fermetures soient hermétiques; les moindres bulles d'air qui pénétreraient dans l'intérieur suffiraient pour tout compromettre ; il en serait de même si les vapeurs pouvaient s'échapper au dehors.

« 4° A mesure que l'on abaisse la température limite où doit être maintenu le réfrigérant, la vapeur prend une élasticité décroissante, et le volume qu'elle occupe à poids égal devient de plus en plus considérable ; cependant, comme il faut en former un poids donné dans un temps donné, par exemple 10 kilogr. ou 100 kilogr. par heure, on conçoit qu'il se présente alors toute une série de recherches à faire sur les formes et les dimensions à donner, non-seulement à l'enceinte intérieure du réfrigérant, mais encore aux conduits, aux soupapes, aux robinets, en un mot à toutes les pièces qui concourent, soit à la formation, soit à la circulation de la vapeur.

« 5° Enfin, s'il arrive que certains liquides complexes, comme la dissolution de l'ammoniaque dans l'eau, présentent à quelques égards des avantages marqués, ils donnent lieu à toutes les difficultés précédentes et en outre à des difficultés d'une autre nature, dépendantes des deux vapeurs qui se forment alors et de la nécessité de régler les proportions variables de leur mélange.

« L'appareil dont nous nous occupons contient en effet une dissolution ammoniacale comme liquide producteur du froid ; on doit, par conséquent, s'attendre à y trouver toutes les difficultés réunies.

« Cependant il faut essayer de donner une idée de sa construction, autant du moins qu'il nous sera permis de le faire sans le secours des figures.

« La dissolution ammoniacale subit quatre changements d'état :

« 1° Elle est vaporisée par une chaudière ;

« 2° Cette vapeur est condensée par un liquéfacteur : dans ce nouvel état le liquide est reçu par un distributeur qui l'introduit ou plutôt qui le distribue en juste mesure dans le réfrigérant ;

« 3° Ici le liquide se vaporise de nouveau pour produire le froid ;

« 4° Ces nouvelles vapeurs sont aspirées au moyen d'un large tube et condensées par un réservoir absorbant, où elles se trouvent en présence d'un liquide appauvri, tiré de la chaudière elle-même ; le liquide pauvre, devenu riche par l'absorption de la vapeur d'ammoniaque, est soumis au double effet d'une pompe aspirante et foulante qui l'aspire au fond du réservoir absorbant pour le refouler dans la chaudière d'où il était sorti, partie à l'état de vapeur, partie à l'état liquide.

« Ainsi tout se réduit à une circulation complète du liquide volatil, dont les deux éléments, l'eau et l'ammoniaque, se trouvent tour à tour réunis ou séparés, soit par la condensation, soit par l'évaporation, leur affinité mutuelle jouant ici un rôle important qui doit être remarqué.

« Pour mieux faire comprendre comment cette circulation s'opère indéfiniment, et toujours avec le même liquide primitif, nous la séparerons en deux parties, savoir : *le trajet de la chaudière au réfrigérant, et le trajet du réfrigérant à la chaudière.*

Trajet de la chaudière au réfrigérant. — « Dans le modèle de 2,500 calories à l'heure, dont M. Pouillet a pu observer le travail, la chaudière est un cylindre vertical de 1^m20 de hauteur sur 0^m40 de diamètre ; dans sa capacité de 1 hectolitre et demi, elle se charge seulement de 80 à 90 litres d'une dissolution ammoniacale très-concentrée.

« Elle est maintenue à une température qui ne dépasse pas 130 degrés ; alors la tension des vapeurs réunies d'eau et d'ammoniaque se trouve être de 8 atmosphères.

« La moitié supérieure de la chaudière est en dehors du fourneau et au contact de l'air; elle est garnie intérieurement d'une série de vases superposés, constituant une sorte de cascade de rectification, où la vapeur d'ammoniaque se dépouille en grande partie des vapeurs d'eau qu'elle contient. Cette vapeur déshydratée s'échappe par un long tube de section convenable qui la conduit au chevet d'entrée du liquéfacteur.

« Le liquéfacteur se compose de 4 serpentins plans et parallèles, espacés à 5 centimètres l'un de l'autre; le tube de chaque serpentin s'ouvre dans le chevet d'entrée qui est horizontal; ensuite il se prolonge en ligne droite sur une longueur de 1m50 avec la pente nécessaire à l'écoulement du liquide; là il se courbe pour revenir, toujours en descendant dans le même plan vertical, faire un deuxième pli, puis un troisième pli semblable au premier, à la fin duquel il s'ouvre dans le chevet de sortie, qui est parallèle au chevet d'entrée.

« Ce système de serpentins en zigzag est plongé dans une grande bâche d'eau froide qui se renouvelle en quantité suffisante pour que sa température n'arrive pas à 30 degrés, par l'effet des condensations de vapeur qui s'opèrent à l'intérieur des tubes.

« Le chevet de sortie du liquéfacteur reçoit ainsi tout le liquide qui a pu se former dans les serpentins, tant par l'effet du refroidissement que par l'effet de la pression des 8 atmosphères de la chaudière, pression qui se communique directement et sans aucune entrave jusqu'au point où nous sommes maintenant arrivés. Ici la transformation est accomplie dans le reste du trajet, et, jusqu'au réfrigérant, c'est du liquide qui circule, mais il n'en reste pas moins soumis à la pression de la chaudière tant qu'il n'y aura pas d'obstacle qui en modifie la libre transmission.

« Ce liquide ne doit arriver au réfrigérant qu'en très-juste mesure et avec une parfaite régularité; il faut donc un distributeur qui en règle la dépense.

« Le distributeur (1) est un vase cylindrique de 25 à 30 centimètres de hauteur, ayant une capacité de 4 ou 5 litres, et portant vers le haut une *tubulure* latérale pour l'entrée du liquide; un tube part du fond de ce vase, se prolonge au-dessous et dans l'axe même du cylindre; il a 15 ou 20 centimètres de longueur et seulement 2 centimètres de diamètre intérieur, sauf en bas où il est rétréci de quelques millimètres, et rodé pour en faire en quelque sorte un boisseau de robinet. Là il est fermé et porte latéralement vers le milieu de la hauteur de ce boisseau une petite ouverture pour la sortie du liquide.

« Un flotteur mince et léger, ouvert en haut, fermé en bas, à l'exception d'un trou qui correspond à celui du boisseau, peut se mouvoir librement dans le vase dont il a la forme, si ce n'est qu'il est plus étroit, et le touche seulement dans la hauteur du boisseau. Tout le mouvement du flotteur se réduit à une oscillation verticale qui ne dépasse pas 10 ou 12 millimètres, et qui s'accomplit toujours sans qu'il puisse tourner autour de son axe.

« Voici comment s'accomplissent les fonctions de cet ingénieux distributeur. Un tube établit la libre communication entre le chevet de sortie et la capacité du distributeur; le premier liquide qui arrive tombe entre les parois du vase et

(1) Dans l'appareil dessiné planche 37, le distributeur a été supprimé, étant un peu compliqué dans sa construction; il présentait, dans la pratique, un fonctionnement difficile, qu'une disposition plus simple, comme on le verra, a permis de faire disparaître.

celles du flotteur ; bientôt celui-ci est soulevé, et son ouverture cesse de correspondre à celle du boisseau ; le liquide continuant d'affluer, son niveau dépasse les bords du flotteur, qui, à partir de cet instant, se charge de plus en plus ; quand il est à moitié plein ou à peu près, son poids l'emporte sur celui du liquide qu'il déplace, alors il descend, et au moment où il prend sa position de repos, son ouverture correspond à celle du boisseau, et le liquide s'échappe au dehors. Par là il s'allége de plus en plus, et si le chevet de sortie du liquéfacteur ne compensait pas la perte qu'il fait, il ne tarderait pas à remonter et à suspendre ainsi la distribution qu'il est chargé de faire au réfrigérant. Mais, comme on le voit, cette suspension n'aurait lieu que quand elle devient nécessaire, c'est-à-dire quand le liquide en réserve est près de s'épuiser.

« A l'ouverture de sortie du distributeur est adapté un tube de petit diamètre, arbitrairement long, arbitrairement sinueux, qui apporte enfin dans l'*intérieur* du réfrigérant le liquide producteur du froid et qui termine ainsi le premier trajet. Ce tube, avant de pénétrer dans le réfrigérant, est muni d'un robinet qui est le premier qui se présente à partir de la chaudière ou de l'origine même de la circulation. Pour faire sentir combien ce point d'arrêt est nécessaire, il suffit de remarquer que la tension de la vapeur dans le réfrigérant doit être d'environ 1 atmosphère ou peut-être un peu plus, comme nous le verrons tout à l'heure, tandis qu'elle est de 8 atmosphères dans la chaudière.

« Avec cet excès de 7 atmosphères, la vapeur de la chaudière ferait donc irruption dans le réfrigérant, si ce premier robinet n'était pas interposé ; il est donc indispensable, c'est lui qui modère l'effet de cet excès de pression, qui l'arrête au besoin, et qui le réduit à ce qu'il doit être pour que le liquide soit lancé dans le réfrigérant avec une impulsion convenable.

« Il serait superflu de décrire ici le réfrigérant, parce que sa forme et ses dimensions dépendent de l'effet que l'on veut produire ; elles sont très-différentes s'il s'agit de faire de la glace ou s'il s'agit de refroidir des masses liquides qui se renouvellent avec plus ou moins de vitesse.

« Nous nous bornerons à dire que la forme du réfrigérant est loin d'être arbitraire et que dans tous les cas il y a deux conditions essentielles auxquelles elle reste assujettie, savoir : d'offrir à l'évaporation de grandes surfaces toujours mouillées par le liquide en même temps qu'une très-libre circulation à la vapeur, ensuite de rassembler dans un espace circonscrit les résidus de l'évaporation qui deviennent de plus en plus hydratés et dont il faut de temps à autre purger le réfrigérant par des moyens sûrs et faciles.

TRAJET DU RÉFRIGÉRANT A LA CHAUDIÈRE. — « La puissance de l'appareil est proportionnelle à la chaleur latente du liquide volatil et au nombre des kilogrammes de vapeurs qui se forment par heure dans le réfrigérant. Ce poids de vapeur ne dépend lui-même que de deux choses : de la forme du réfrigérant et de la différence qui existe entre la force élastique générale qui règne dans sa capacité libre et la force élastique maximum qui appartient à cette vapeur d'après la température du liquide qui mouille les surfaces. En effet, si la capacité libre était elle-même saturée de vapeurs, aucune nouvelle vapeur ne serait formée et aucun froid ne serait produit ; si, au contraire, la capacité libre était maintenue sans vapeurs, c'est-à-dire à l'état de vide parfait, le poids de vapeurs formé par heure serait au maximum, et la production du froid atteindrait elle-même son maximum.

« Il faut donc aspirer cette vapeur qui n'est pas plutôt formée dans le réfrigérant qu'elle y devient un obstacle; il faut en débarrasser cet espace libre qu'elle encombre, afin de le reconstituer sans cesse à l'état de vide parfait ou du moins aussi près de cet état qu'il soit possible. Il y a pour cela divers moyens, mais le plus avantageux est incontestablement celui que l'on peut pratiquer ici, savoir : de lui offrir un corps qui la condense rapidement par une affinité dissolvante et qui puisse la dégager ensuite avec la même rapidité par un accroissement suffisant de température.

« La chaudière est disposée de telle sorte que, dans sa partie inférieure, la dissolution ammoniacale est fort affaiblie; un tube, muni d'un robinet, est placé là pour en faire sortir un certain volume qui se gradue par le degré d'ouverture que l'on donne au robinet; ce tube de fer, étroit et de 20 ou 30 mètres de longueur, se replie deux fois à diverses distances pour composer deux serpentins hélicoïdes qui sont entourés de liquides rafraîchissants. Alors le liquide contenu dans le tube, sorti de la chaudière à 130 degrés, ainsi refroidi à environ 20 ou 25 degrés, arrive au sommet du réservoir absorbant, pour tomber en pluie dans l'intérieur. C'est cette pluie continuelle de liquide appauvri, qui devient la puissance capable de maintenir et de renouveler sans cesse le vide dans la capacité libre du réfrigérant.

« A cet effet, un large tube, de quelques mètres de longueur, part du sommet du réfrigérant, pour arriver aussi au sommet du réservoir absorbant; aussitôt que l'on ouvre le robinet qui règle cette communication, les vapeurs ammoniacales du réfrigérant affluent au milieu de la pluie du liquide pauvre, s'y condensent par absorption et en reconstituent un liquide riche qui tombe au fond du réservoir; la chaleur qui se dégage ici est enlevée par les plis d'un serpentin où coule de l'eau froide; il ne reste plus qu'à reprendre ce liquide riche pour le réintroduire dans la chaudière, afin de compenser les pertes d'ammoniaque qu'elle fait à chaque instant ou plutôt afin d'y réintégrer tout ce qui en était sorti, et de terminer ainsi cette longue circulation, où il n'y a que des changements de forme et des changements d'état sans gain ni perte de matière.

« C'est une pompe aspirante et foulante, d'une construction toute particulière et bien appropriée à l'effet qu'il s'agit d'obtenir, qui est chargée d'accomplir ce dernier mouvement de la circulation. Elle vient aspirer au fond du réservoir absorbant le liquide enrichi à mesure qu'il s'y forme; elle le fait entrer dans une capacité spéciale destinée à le recevoir; ensuite, par le refoulement, elle l'oblige à parcourir un long tube où il se réchauffe, pour arriver enfin au sommet de la cascade dont nous avons parlé et qui constitue la partie supérieure de la chaudière. Ce liquide, quoique réchauffé dans son parcours, est loin d'être à 130 degrés; sa présence détermine donc une condensation dont l'effet ne peut être que favorable à la rectification des vapeurs hydratées d'ammoniaque qui se trouvent en ce point.

« Nous ne terminerons pas cette description sommaire de l'appareil sans faire remarquer que nous avons dû en écarter une foule de détails, d'ajustements et de dispositions ingénieuses qui peut-être prouvent mieux encore que l'ensemble toutes les ressources d'esprit de l'inventeur.

« Essayons maintenant de faire comprendre à quoi tient la puissance économique de l'appareil, jusqu'où elle peut aller et où elle doit s'arrêter.

« Cette discussion repose sur un petit nombre de données, savoir :

« Sur la chaleur latente et la tension de vapeur de l'ammoniaque liquide et des dissolutions ammoniacales plus ou moins hydratées; sur les changements de densité qu'éprouvent les dissolutions ammoniacales, à raison du poids d'ammoniaque qu'elles contiennent.

« Davy avait autrefois dressé une table de la teneur en ammoniaque des dissolutions plus ou moins denses; cette table, qui ne porte que sur deux expériences, est reproduite dans tous les *Traités de chimie*; il serait à désirer qu'elle fût reprise et étendue à diverses températures. En attendant et en nous appuyant sur les observations pratiques de M. Carré, nous sommes portés à croire que, dans l'état actuel des choses, le kilogramme de dissolution pauvre qui arrive refroidi dans le réservoir absorbant, peut s'y charger de 50 grammes d'ammoniaque, pour devenir l'ammoniaque riche qui est réintroduite dans la chaudière.

« D'après le grand travail de M. Regnault, la table complète des tensions de l'ammoniaque liquide entre les températures est de — 40° et + 100°; pour les basses températures que nous avons surtout à considérer ici, ces tensions se trouvent être :

Températures.	— 20°,	— 30°,	— 40°.
Tensions en atmosphères. . .	1,84,	1,16,	0,70.

« Pour appliquer ces nombres à l'ammoniaque un peu hydratée du réfrigérant, il faut apprécier la réduction qu'ils doivent subir; en l'estimant à 1/4, on arriverait aux résultats suivants :

Températures du réfrigérant.	— 20°,	— 30°,	— 40°,
Tensions en atmosphères. . .	1,4,	0,9,	0,5.

qui se rapprochent beaucoup des observations pratiques de M. Carré.

« Enfin, d'après les recherches de MM. Favre et Silbermann (*Annales de Chimie*, t. XXXVII, année 1853), on peut évaluer à environ 500 calories la chaleur latente du gaz ammoniac absorbé par une masse d'eau assez grande pour former une dissolution étendue; nous admettrons comme probable que ce nombre peut s'appliquer à l'ammoniaque contenant très-peu d'eau.

« Il résulte de ces données que pour construire un appareil dont la puissance serait, par exemple, de 100,000 calories à l'heure, il faudrait par heure vaporiser 200 kilogrammes d'ammoniaque dans le réfrigérant; il faudrait donc dans le même temps condenser les 200 kilogrammes dans le liquéfacteur et les absorber ou liquéfier une seconde fois dans le réservoir absorbant.

« Les 100,000 calories se retrouvent donc ou à très-peu près dans chacun de ces deux organes de l'appareil, où elles doivent être prises et emportées par les eaux destinées à les rafraîchir. En admettant que la température de ces eaux ne doive s'élever que de 10 degrés dans cette opération, on voit que la dépense à en faire serait de 20,000 kilogrammes ou 20 mètres cubes à l'heure, savoir : 10 mètres cubes pour rafraîchir le liquéfacteur et 10 autres mètres cubes pour rafraîchir le réservoir absorbant.

« Nous ne parlons pas de la dépense de combustible à faire dans la chaudière; en résultat efficace, elle doit être aussi de 100,000 calories à l'heure; mais là, il y a des pertes nécessaires qui sont très-variables.

« En un mot, les quatre changements d'état, bien qu'ils s'opèrent dans des conditions différentes, doivent être accompagnés des mêmes phénomènes ou à peu près, en ce qui tient aux quantités de chaleur. La chaudière et le réfrigérant, procédant par évaporation, empruntent la même quantité de chaleur, l'un au foyer, l'autre au liquide qu'il refroidit; le liquéfacteur et le réservoir absorbant, procédant par liquéfaction, doivent dégager la même quantité de chaleur, dont il faut les débarrasser par le renouvellement des masses liquides rafraîchissantes.

« Le travail mécanique de la pompe aspirante et foulante peut aussi s'évaluer approximativement.

« Puisqu'il se produit par heure 200 kilogrammes de vapeur dans le réfrigérant, il faudra 4,000 kilogrammes de liquide pauvre pour les absorber; car chaque kilogramme en absorbe seulement 50 grammes ou 1/20ᵉ de son poids: le résultat sera donc 4,200 kilogrammes de liquide riche. L'effort nécessaire pour les réintroduire dans la chaudière, dont la pression pour cet objet peut être estimée à 10 atmosphères ou à cent mètres de hauteur, sera par conséquent de 420,000 kilogrammètres ou environ 2 chevaux-vapeur, auxquels il faudrait ajouter environ 1/10ᵉ pour l'effort d'aspiration; mais ceci suppose que dans le jeu de la pompe le dégagement des fluides élastiques n'occasionne aucune perte considérable de travail.

« Quant au plus grand degré de froid que l'appareil puisse produire, il dépend presque exclusivement des phénomènes qui se passent dans le réservoir absorbant, parce que là se trouve en effet la cause déterminante de la formation rapide des vapeurs dans le réfrigérant. Si, d'une part, le liquide qui donne ces vapeurs était de l'ammoniaque pure et dépouillée d'eau; si, d'une autre part, le liquide appauvri qui vient de la chaudière dans le réservoir absorbant était de l'eau pure et dépouillée de gaz ammoniac, on ne peut pas douter que le réfrigérant ne dût aisément descendre à 50 ou 60 degrés au-dessous de zéro.

« Mais, en fait, le liquide du réfrigérant contient une certaine proportion d'eau; le liquide pauvre qui arrive au réservoir absorbant contient une proportion très-notable d'ammoniaque; ces deux causes sont concordantes pour ralentir l'absorption de la vapeur, et par conséquent pour empêcher le degré de froid de descendre aussi bas dans l'échelle thermométrique. Il y a là une étude à faire pour que la chaudière donne un liquide encore plus pauvre en ammoniaque, et le liquéfacteur un liquide plus complétement dépouillé d'eau.

« Toutefois cette dernière limite de la puissance économique de l'appareil dépend encore d'une autre circonstance : elle varie nécessairement avec la température de l'air, par conséquent avec les saisons et les climats. Supposons, en effet, que le réfrigérant *travaille à vide,* c'est-à-dire sans fabriquer de la glace, sans refroidir un liquide, en un mot sans produire d'*effet utile;* il n'en arriverait pas moins à une certaine limite de froid, qui serait sa limite extrême, par exemple 50 degrés au-dessous de zéro; admettons que, dans cette expérience, l'air ait une température de 10 degrés, ce qui lui donne un excès de 60 degrés sur le réfrigérant.

« Une fois parvenu à cette limite, après un travail plus ou moins prolongé, durant lequel on a pu voir le réfrigérant gagnant progressivement du froid, d'abord très-vite pour les premiers degrés perdus, ensuite très-lentement pour les derniers, il faut se demander comment il est possible de maintenir cet état

de choses. Peut-on éteindre le feu de la chaudière, arrêter la pompe, enfin mettre l'appareil au repos, sans que le réfrigérant se réchauffe ?

« Non assurément; au contraire, il est indispensable qu'il continue à marcher et qu'il conserve toute son activité. Sa force entière est alors une force perdue, en ce sens qu'elle est sans effet utile; mais elle n'est pas sans effet, car elle est exclusivement employée à maintenir le réfrigérant en équilibre contre l'invasion de la chaleur du dehors.

« On peut arrêter le mouvement d'une mécanique, mais il ne nous est pas donné d'arrêter le mouvement de la chaleur; quelques précautions qui aient été prises pour protéger le réfrigérant, la chaleur pénètre toujours jusqu'à lui : seulement sa vitesse a pu être plus ou moins ralentie. Le nombre des calories qui arrivent ainsi au réfrigérant dans un temps donné, toutes choses étant d'ailleurs égales, est à peu près proportionnel à l'étendue des surfaces qu'il présente à l'air d'une manière plus ou moins directe et à l'excès de la température de l'air sur celle du réfrigérant.

« Par conséquent, si le même appareil est soumis à cette épreuve du fonctionnement à vide dans un air à 30 degrés au lieu de 10, il ne pourra jamais, malgré toute son activité, faire descendre le réfrigérant jusqu'à 50 degrés au-dessous de zéro; mais il le fera descendre seulement à environ 30 degrés au-dessous de zéro, afin que l'excès de la température de l'air sur le réfrigérant soit encore de 60 degrés, comme il était à la première épreuve.

« Les considérations précédentes permettent aussi de conclure que le réfrigérant destiné à fabriquer de la glace sera beaucoup plus favorable pour descendre à de très-basses températures que le réfrigérant destiné à refroidir les liquides, parce que, en général, celui-ci devra offrir à l'invasion de la chaleur du dehors des surfaces beaucoup plus grandes que le premier.

« Telles sont les causes principales qui font varier la limite extrême du froid auquel le réfrigérant peut descendre, et qui font varier dans le même sens la puissance économique de l'appareil.

« Il en résulte que le poids de vapeur qui se forme par heure dans le réfrigérant d'un appareil donné doit être considéré comme une somme à peu près constante, mais composée de deux parties qui s'appliquent à des services différents : la première est destinée à l'effet utile, la seconde est destinée à la force perdue. Celle-ci, sans être jamais nulle, reste très-petite quand le réfrigérant, pour produire l'effet qu'on lui demande, travaille à une température très-éloignée de sa limite extrême; mais elle s'accroît assez vite, et toujours au détriment de l'effet utile, à mesure que le réfrigérant doit travailler à une température plus basse; enfin elle absorberait la totalité ou la presque totalité de l'effet utile si le réfrigérant devait travailler à une température très-voisine de sa limite extrême.

« M. Carré s'est bien rendu compte de tous ces principes théoriques qui devaient le guider dans la construction de son appareil, ajoute en terminant M. Pouillet; il s'en est servi pour étudier avec beaucoup de sagacité toutes les questions neuves qui se rattachaient à la question primitive; enfin il est parvenu à en trouver des solutions qui ont le mérite d'être à la fois très-ingénieuses et très-pratiques. »

La lecture de ce mémoire si lucide et si complet de M. Pouillet a

permis, sans nul doute, de se rendre un compte exact des principes sur lesquels repose le fonctionnement des appareils réfrigérants de M. Carré; il nous suffira donc de donner ici une description technique des organes dont ils sont composés pour achever de les faire connaître dans leur moindre détail.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL CONTINU A FABRIQUER LA GLACE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1 A 4 DE LA PL. 37.

La fig. 1 est une élévation longitudinale de l'appareil, sa chaudière, son réservoir absorbant et le réfrigérant-congélateur, coupés suivant leur axe;

La fig. 2 en est un plan général vu en dessus;

La fig. 3, une section transversale faite suivant la ligne 1-2 de la fig. 1;

La fig. 4 montre, en détail, le récipient du gaz liquéfié en section verticale.

Chaudière et rectificateur. — La chaudière qui contient la solution aqueuse de gaz ammoniac est formée d'une capacité cylindrique en forte tôle A, fermée hermétiquement aux deux extrémités par deux calottes hémisphériques. Le corps cylindrique est muni d'un indicateur de niveau *a*, fixé aux bouts de deux longues tubulures *a'*, afin de le rendre visible à l'extérieur du fourneau en briques B, au centre duquel la chaudière est soutenue par trois équerres en fer *b*.

Au-dessus de la grille du foyer B' est placé un disque en métal *b'*, destiné à recevoir l'action directe de la flamme et à la diviser dans la capacité annulaire qui entoure la chaudière, afin d'éviter que son fond reçoive les coups de feu qui pourraient la détériorer rapidement.

La calotte supérieure hémisphérique A' est fondue avec deux tubulures *c* et *c'*; l'une reçoit la pièce en fonte C munie de la soupape de sûreté C' et des deux tuyaux D et D', et l'autre, qui est à double bride intérieure et extérieure, reçoit le tuyau E débouchant dans la chaudière et y ramenant le liquide saturé, reconstitué au sortir du réfrigérant.

Le tuyau D conduit le gaz qui se dégage dans la chaudière au liquéfacteur, et celui D' recueille le gaz qui peut s'échapper accidentellement par la soupape, et le dirige au fond du vase *d* contenant de l'eau dans laquelle il plonge. A cet effet le siége de la soupape est recouvert d'une membrane au-dessous de laquelle débouche le conduit en communication avec le tuyau D'.

Le *rectificateur* est placé à l'intérieur et dans la partie supérieure de la chaudière; il se compose d'une série de vases plats *e*, superposés et percés de trous, dans lesquels le liquide saturé, revenant par le tube E

et le gaz montant de la partie inférieure de la chaudière sous l'action de la chaleur, circulent en sens inverse l'un de l'autre.

Le premier, le troisième, le cinquième, etc., vases plats, c'est-à-dire tous ceux de rang impair, à partir du bas, sont munis au centre d'une large ouverture e', tandis que les vases de rang pair sont suspendus aux précédents par des équerres de façon à laisser au bord un vide annulaire, de sorte que la circulation est forcée de se faire alternativement du centre à la circonférence et de la circonférence au centre de ces vases superposés. Comme dans les colonnes distillatoires, la vapeur d'eau entraînée avec le gaz qui monte, se condense au contact du liquide riche qu'il rencontre et qui est à une température moins élevée, ainsi qu'on le verra plus loin.

LIQUÉFACTEUR. — Il se compose d'une bâche en tôle F renfermant des tuyaux en serpentin F', rafraîchis constamment par un courant d'eau froide qui arrive du réservoir G par le tuyau g.

Dans ces tuyaux circule le gaz amené de la chaudière par le tuyau D, relié à ceux-ci par une boîte à trois brides f (fig. 2) ; une seconde boîte f', semblable à la première, est placée au fond et à l'extrémité de la bâche pour relier les serpentins avec le tube g', par lequel le gaz liquéfié, après son long parcours dans les tuyaux, se rend au distributeur.

DISTRIBUTEUR OU RÉCIPIENT DU GAZ LIQUÉFIÉ. — Ce récipient n'est autre qu'un vase cylindrique en fonte G' (fig. 1 et 4) disposé de manière à laisser passer tout le gaz liquéfié sans permettre qu'aucune portion du gaz non liquéfié s'introduise dans le réfrigérant; condition indispensable sans lequel ce dernier serait en contact avec une source de calorique.

Ce vase G' est fermé d'un bout par un fond venu de fonte, et, de l'autre bout, par un couvercle fondu avec la tubulure h, qui reçoit le tuyau g' par lequel arrive le gaz liquéfié; sa sortie du récipient a lieu par le tube h', monté au centre du couvercle afin de se trouver en communication avec le tube intérieur H (fig. 4), plongeant jusqu'au fond du vase, et terminé par un renflement percé en pomme d'arrosoir.

Un niveau d'eau H' (fig. 1) est appliqué contre ce vase afin de laisser voir si le niveau du liquide reste assez élevé pour maintenir le tube plongé, et éviter ainsi le départ du gaz non liquéfié par le tuyau d'échappement h' (1). Dans le cas d'abaissement du niveau on ferme le robinet i, qui sert à arrêter au besoin le passage du gaz dans le serpentin du réfrigérant. Le tube h' est logé à l'intérieur du manchon en tôle I, dont le centre est occupé par le tuyau I' servant au retour des vapeurs produites dans le réfrigérant par la volatilisation du gaz liquéfié.

(1) Dans l'appareil expérimenté par M. Pouillet, le vase distributeur était muni, comme on l'a vu, d'un système de flotteur fort ingénieux, mais dont le fonctionnement demandait une très-grande précision et pouvait par suite présenter dans la pratique des causes de dérangement. Cette considération a amené les constructeurs à modifier cet organe comme nous venons de le décrire.

Au moyen du petit entonnoir i', on introduit de l'eau dans le manchon I où elle commence à se refroidir avant de se rendre aux vases de congélation, que l'on remplit au moyen d'un tube flexible qui se monte sur le déversoir.

Réfrigérant congélateur. — Il est composé de six tubes J repliés six fois sur eux-mêmes, dans des plans verticaux parallèles ; ils reçoivent une quantité égale de gaz liquéfié, au moyen d'une boîte d'assemblage et de distribution qui les relie au tuyau h', en communication avec le récipient G′. Ces tubes J sont fixés à l'intérieur de la caisse en métal mince J′ contenue dans la caisse en bois K, qui laisse tout autour et en dessous un espace libre dans lequel on introduit de la sciure de bois ou des étoupes destinées à empêcher l'absorption de la chaleur extérieure.

Entre les tubes serpentins J sont logés verticalement, sur cinq rangées parallèles, les vases cylindriques en métal mince K′, qui contiennent l'eau à congeler.

Ces vases sont supportés par un châssis mobile qui reçoit un mouvement de va-et-vient destiné à produire le renouvellement des points de contact. Ce mouvement est communiqué par l'intermédiaire de la bielle ... et de l'excentrique k' calé sur l'arbre de la pompe, lequel est muni de la poulie P qui reçoit la courroie motrice.

Un liquide incongélable baigne les serpentins et les vases K′, et transmet des uns aux autres le froid produit par le gaz liquéfié qui se volatilise ; ce liquide est une solution, soit alcoolique, soit de glycérine, soit de sels hygrométriques et plus particulièrement du chlorure de calcium.

Les extrémités des six serpentins sont reliées par un tuyau collecteur j' qui alimente le tube I′ traversant le manchon I pour amener les vapeurs ammoniacales froides dans le cylindre L; contre ce tube, comme il a été dit, s'applique le petit tuyau h' qui échange avec lui sa température; la circulation dans le tuyau et le tube s'opère donc en sens inverse.

Réservoir absorbant. — Ce réservoir L, dans lequel la solution ammoniacale primitive se reconstitue continuellement pour retourner ensuite à la chaudière, est en fonte et muni d'un serpentin l (fig. 1), à circulation d'eau froide fournie par le réservoir G, avec lequel il communique par le tuyau l'; l'eau sort du serpentin par le tuyau L′ et se rend dans le cylindre inférieur M.

Dans le réservoir L, muni comme la chaudière d'un niveau d'eau, se rendent à la fois le gaz venant du réfrigérant, et l'eau appauvrie d'ammoniaque prise à la chaudière. Le tuyau I′, qui amène le gaz, plonge presque au fond du réservoir.

Le liquide appauvri est déversé à la partie supérieure du réservoir par une tubulure qui le reçoit du tuyau m', et le deverse sur un plateau à rebord dont le fond est percé pour le distribuer régulièrement sur les spires du serpentin. Ce liquide s'enrichit en absorbant les vapeurs dégagées par le tuyau I′. Un tube M′ plonge au fond de la chaudière, y puise

le liquide appauvri et le conduit dans les serpentins des cylindres N et M d'où il se rend, comme il a été dit, par le tube *m'* dans le réservoir absorbant.

Le cylindre N contient deux serpentins (fig. 3) ainsi qu'un autre cylindre concentrique *n*, de plus petit diamètre, disposé de telle sorte que les hélices parallèles des deux serpentins sont enfermées dans l'espace compris entre les deux cylindres; le liquide appauvri de la chaudière, amené par le tube M', parcourt ces serpentins de haut en bas, tandis que la solution ammoniacale reconstituée et prise au fond du réservoir absorbant est refoulée dans la chaudière par le tube E, en passant par l'espace annulaire du cylindre N, qu'elle parcourt alors de bas en haut. Il y a donc là, entre le liquide appauvri qui est chaud et la solution ammoniacale qui est froide, un échange de température que favorise la circulation en sens inverse des deux liquides.

Le cylindre M communique avec celui N par le tube *n'* (fig. 1), se raccordant à la partie supérieure avec un serpentin unique baignant dans l'eau froide. Le liquide appauvri circule donc, comme il a été dit, dans ce serpentin, et il en sort après avoir eu le temps de se refroidir, pour entrer par le tube *m'*, formant ainsi le prolongement de celui M' dans le réservoir absorbant.

Ce réservoir est purgé d'air au moyen d'un tube ou siphon O, qui débouche dans le vase O' contenant de l'eau et muni d'un robinet de purge.

Pompe. — La pompe P' (fig. 3), dont le piston reçoit le mouvement de l'arbre muni de la poulie motrice P', aspire par le tuyau *p'* à la partie inférieure du réservoir absorbant la solution ammoniacale qui s'y est constituée et la refoule à la chaudière par les tubes *p* et E, en la faisant passer, comme il a été dit, à travers l'espace annulaire du cylindre N.

Robinets. — Les divers robinets appliqués sur cet appareil, pour régler la marche des opérations, sont combinés comme celui R que l'on voit en coupe (fig. 1), pour éviter toute fuite d'ammoniaque. A cet effet, l'embase conique de la clef est évidée pour recevoir un ressort à boudin qui tend constamment à le repousser vers le sommet du cône.

Le boisseau est en outre fondu avec une tubulure sur laquelle vient s'appliquer concentriquement à la tige de manœuvre *r'*, un tube de caoutchouc, fixé d'autre part sur la tête renflée de cette tige; des ligatures en fil de fer maintiennent de part et d'autre le caoutchouc, et un tube métallique *r* emboîte le caoutchouc pour lui permettre de résister à la pression intérieure, tout en le laissant suivre facilement les 90 degrés de révolution nécessaire au fonctionnement de la clef *r'*.

L'appareil est aussi muni de deux manomètres *q* et *q'* : l'un métallique, branché sur le tuyau D, indique la tension des vapeurs chaudes sortant de la chaudière; l'autre, à air libre, placé sur le couvercle du réservoir absorbant, indique la tension des vapeurs froides sortant du réfrigérant congélateur.

Tous les organes ayant été décrits dans l'ordre où s'effectuent les opérations, un résumé succinct suffira pour faire comprendre la marche de l'appareil.

TRAJET DE LA CHAUDIÈRE AU RÉFRIGÉRANT. — Comme nous l'avons vu, le gaz ammoniac, qui se dégage de la chaudière, traverse le rectificateur, qui est composé des plateaux alternés *e* et *e'*, montés dans une capacité cylindrique fixée à la partie supérieure de la chaudière même, dont elle forme le prolongement.

Ce gaz se rend par le tuyau D dans les serpentins F' du liquéfacteur F, d'où il sort liquéfié par le tuyau *g'*, qui le conduit au récipient G, muni du tube plongeur H (fig. 4), et, par le tuyau *h'*, est enfin amené dans les serpentins J du réfrigérant congélateur.

TRAJET DU RÉFRIGÉRANT A LA CHAUDIÈRE. — Le gaz liquéfié rentrant en vapeur après avoir produit son action, sort du réfrigérant par le tuyau I', et arrive dans le réservoir absorbant L, où il rencontre le liquide appauvri amené du fond de la chaudière par le tube M', en passant par les serpentins des cylindres N et M.

La solution ammoniacale se reconstitue donc avec une richesse primitive, et la pompe la prend au réservoir absorbant par le tuyau *p'* et la refoule par le tuyau *p*, à la partie inférieure du cylindre N, où elle se réchauffe au contact des serpentins; elle se rend de là à la chaudière où elle rentre par le tube E.

Les plateaux *e* et *e'*, en la laissant descendre en cascade, lui permettent de condenser la vapeur d'eau entraînée par le gaz qui continue à se dégager de la chaudière, et qui est à une température supérieure.

Ainsi, d'une part, circulation de gaz ammoniac chaud et de liquide appauvri sortant en même temps de la chaudière, et, de l'autre, circulation de gaz ammoniac froid venant du réfrigérant; ces trois circulations, se faisant simultanément, permettent, par conséquent, à l'appareil d'opérer d'une manière continue.

Les changements d'état ou de forme n'ont pas amené de perte de matière, et la production du froid peut se continuer indéfiniment sans qu'on ait à renouveler le mélange ammoniacal si aucune fuite ne s'est produite, et tout est combiné dans la construction de l'appareil pour éviter cet inconvénient.

PRODUCTION ET PRIX DES APPAREILS.

Pour déterminer la puissance d'un appareil, on peut poser, d'après les considérations contenues dans le remarquable rapport de M. Pouillet, reproduit plus haut, qu'elle est proportionnée à la dépense de combustible faite dans le foyer de la chaudière. La même quantité d'ammoniaque qui s'évapore dans celle-ci, subit en effet le même changement dans le réfrigérant; elle absorbe pour l'accomplir, dans ces deux réci-

pients, la même quantité de chaleur : seulement, dans la première transformation, elle le reçoit du foyer rayonnant ; dans la seconde, elle l'emprunte aux caloriques latents des corps avec lesquels elle est en contact. Ainsi, toute dépense faite en chaleur dans la chaudière est égale au produit donné en froid dans le calorimètre.

Les appareils peuvent s'établir d'après leur puissance sur une échelle très-variable et très-étendue. MM. Carré et Cie comprennent dans leur construction courante quatre modèles. Le premier de 2,500 calories à l'heure pouvant produire 25 kilogrammes de glace ; le plus puissant, de 20,000 calories, produit à l'heure 200 kilogrammes.

Par ces dimensions, l'appareil que nous avons dessiné pl. 37 est un modèle intermédiaire avec lequel on produit 10,000 calories, soit environ 100 kilogrammes par heure.

L'emploi du moteur n'est nécessaire que pour les appareils dont la production dépasse 50 kilogrammes environ de glace à l'heure ; deux hommes suffisent pour la manœuvre, en outre du moteur pour les appareils de 100 et 200 kilogrammes.

La quantité d'eau nécessaire à leur fonctionnement varie avec sa température, elle est généralement comprise entre 15 et 25 litres par 1 kilogramme de glace produite. La perte en ammoniaque est toujours excessivement petite relativement à la production.

Un kilogramme de houille brûlée produit de 8 à 12 kilogrammes de glace, suivant la dimension des machines.

Voici un tableau donnant le tarif de ces quatre modèles courants et de l'emplacement nécessaire à leur installation.

PRODUCTION À L'HEURE.	PRIX			EMPLACEMENT NÉCESSAIRE.
	des appareils.	de l'ammoniaque du chlorure de calcium, de la glycérine, pièces de rechange, emballage.	des congélateurs pour carafes frappées.	
	fr.	fr.	fr.	m q. m.
2,500 calories ou environ 25 kil.	4,800	1,790	1,500	18 (3 sur 6)
5,000 » » 50	8,500	2,512	2,500	27 (3 sur 9)
10,000 » » 100	14,000	3,642	4,000	36 (4 sur 9)
20,000 » » 200	24,000	6,153	6,500	55 (5 sur 11)

Le problème de la production du froid artificiel dans des conditions industrielles économiques est donc, comme on voit, complétement résolu, et la glace peut être produite en telle quantité que l'on veut,

sous toutes les latitudes et dans toutes localités, sans qu'on ait besoin de recourir à des mélanges d'une puissance limitée et relativement coûteuse.

APPAREIL INTERMITTENT POUR LES USAGES DOMESTIQUES.

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 5 ET 7, PL. 37.

Basés sur les mêmes principes que l'appareil continu que nous venons de décrire, MM. Carré et C[ie] construisent de petits appareils à congélation intermittente d'une disposition très-simple et qui rendent de véritables services pour obtenir très-rapidement quelques kilogrammes de glace. Nous avons déjà dit, dans le vol. XIII, en quoi consistent ces petits appareils destinés aux usages domestiques. Mais nous n'avons pu, sans l'aide de figures, en faire bien comprendre le fonctionnement.

Les figures 5 à 7, qui les représentent, dans les trois positions qu'on doit leur faire occuper pour effectuer l'opération complète, vont nous permettre d'en faire bien apprécier les dispositions spéciales et aussi la manière de les faire fonctionner.

Cet appareil est composé de deux vases métalliques A et B; le premier est une petite chaudière surmontée d'un appendice cylindrique *a* mis en communication avec le second par le tube arqué *b*.

Ce dernier, le *congélateur* proprement dit, est un réservoir de forme légèrement conique, garni intérieurement d'un tube cylindrique *c*, qui laisse un espace annulaire dans lequel se rend, par le tube *b*, le gaz ammoniac venant de la chaudière A. Celle-ci a son couvercle garni d'un petit tube *d* dont la partie inférieure, celle qui plonge dans le liquide, est fermée afin de recevoir un thermomètre à bain d'huile.

Un autre tube *e* plonge jusqu'à quelques millimètres au fond de la chaudière, et se recourbe en forme de siphon dans l'appendice vertical *a*, qui est fermé par une cloison *f* munie d'une soupape. La petite branche de ce siphon est elle-même fermée par une soupape, mais qui s'ouvre inversement à la première, c'est-à-dire que l'une, celle de la cloison *f*, est disposée pour s'ouvrir de l'intérieur de la chaudière dans la capacité *a*, de façon à être soulevée par le gaz ammoniac qui s'est développé sous l'action de la chaleur, en abandonnant l'eau avec laquelle il se trouve mélangé, et à lui permettre de se rendre, par le tube *b*, au congélateur pour s'y liquéfier.

L'autre soupape, dont la petite branche du siphon *e* est garnie, s'ouvre, au contraire, de l'intérieur de la capacité *a* dans le tube, afin qu'après sa liquéfaction le gaz volatilisé vienne, par sa pression, fermer la soupape *f*, et ouvrir celle du siphon, laquelle alors lui livre passage pour retourner dans la chaudière, mais en l'obligeant à barboter dans le liquide épuisé, ce qui a pour résultat de rétablir la solution ammoniacale concentrée.

Dans son passage de la chaudière au congélateur, le gaz entraîne une certaine quantité de vapeur d'eau, qui, si elle se rendait dans le congélateur, nuirait à la rapidité de l'évaporation; cette vaporisation du gaz commence déjà dans la chaudière A, où le dégagement a lieu progressivement de bas en haut, à travers des couches liquides de plus en plus riches, qui retiennent la plus forte partie de l'eau entraînée, et le reste s'arrête dans la capacité *a*, d'où elle redescend dans la chaudière.

Malgré ces dispositions, une certaine quantité de vapeur est toujours entraînée dans le congélateur; si elle s'y accumulait, l'appareil ne pourrait bientôt plus fonctionner; il suffit, pour parer à cet inconvénient, de maintenir l'appareil horizontal (position indiquée fig. 5), pendant quelques temps, avant chaque opération, afin de faire revenir le liquide dans la chaudière.

Il est nécessaire que l'appareil soit parfaitement clos et purgé d'air pour que la liquéfaction et l'absorption de l'ammoniaque puissent s'effectuer.

A cet effet, il est pourvu d'un petit tube placé dans la capacité annulaire du congélateur B, dans lequel il plonge jusque vers le fond, et il est fermé par le bouchon à vis *g*. Il suffit de retirer ce bouchon et de faire chauffer quelques instants l'appareil; le gaz commence à se dégager, et l'air est poussé par lui de l'intérieur à l'extérieur du tube.

Aussitôt que l'on reconnaît que le gaz a repoussé l'air et qu'il commence à s'échapper, on s'empresse de revisser le bouchon.

Manœuvre de l'appareil. — L'appareil est livré tout garni, c'est-à-dire le vide fait et la chaudière A remplie des 3/4 aux 4/5 de la solution acqueuse d'ammoniaque. Avant chaque opération, comme il a été dit, on doit avoir le soin de le coucher horizontalement, et de le maintenir dans cette position, représentée fig. 5, pendant 3 minutes environ.

On met la chaudière sur le fourneau C, et le congélateur baigné dans l'eau froide que contient le récipient D; on chauffe modérément jusqu'à ce que le thermomètre, placé dans le tube *d*, accuse environ 130 degrés (1).

A cette température, le gaz ammoniac est liquéfié dans l'espace annulaire du congélateur; aussitôt, on enlève la chaudière de dessus son fourneau et on la place dans le vase C′ (fig. 7), qui doit contenir, en eau froide, 5 à 6 fois le volume de la chaudière. On introduit immédiatement dans le congélateur le vase *h*, rempli aux trois quarts avec l'eau à congeler, en ayant le soin toutefois, afin de pouvoir retirer le vase, de verser préalablement dans la capacité *c*, destinée à le recevoir, un

(1) La température de 130° indiquée ici pour le chauffage de l'appareil est suffisante lorsque l'eau du baquet servant à la liquéfaction du gaz ammoniac est à la température commune des puits, soit 12°; si l'on n'avait que des eaux plus chaudes, il faudrait pousser plus loin le chauffage; ainsi avec de l'eau à 25°, il faudrait chauffer jusqu'à 150°.

liquide incongélable, soit par exemple de l'alcool ou de l'eau saturée de sel marin.

Pour détacher la glace produite dans le vase *h*, il suffit de le plonger quelques instants dans l'eau, à la température ordinaire.

Comme on le voit, le service de ces appareils ne demande que quelques précautions et qu'une suite méthodique, laquelle consiste à produire d'abord le dégagement, par la chaleur, du gaz ammoniacal du mélange qui le contient; puis, à l'aide du réfrigérant, de déterminer son absorption par l'eau. Une opération terminée, une seconde peut être commencée, et celle-ci suivie d'une troisième, ainsi de suite sans interruption.

Ces appareils peuvent produire 3 kilogrammes de glace pour 1 kilog. de charbon brûlé, ce qui met le prix de revient de la glace à 3 ou 4 centimes. La dépense en ammoniaque peut être négligée dans le prix, puisque, si aucune fuite ne se produit, elle est nulle, le même mélange volatil pouvant servir indéfiniment. Le prix d'achat de l'appareil reste donc comme la seule dépense, en voici le tarif :

GLACE produite par opération.	DÉTAIL DU PRIX DE L'APPAREIL Avec ses accessoires indispensables.					TOTAL	PRIX des sorbe-tières.	PRIX des baquets.	TOTAL général.
	Appareil.	Fourneau.	Enveloppe.	2 thermom.	Emballage.				
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
500 grammes.	100	25	3	6	10	144	»	20	164
1 kilogr.	160	30	3	6	11	210	20	25	255
2 kilogr.	250	35	3	6	12	306	30	30	366

La durée du chauffage, pour l'appareil de 500 grammes, est environ de 45 minutes; pour l'appareil de 1 kilogramme, il est de 55 minutes et pour celui de 2 kilogrammes, de 1 heure à 1 1/2.

La durée de la congélation est à peu près la même que celle du chauffage.

La disposition du congélateur permet de les employer à tous les usages d'une sorbetière ordinaire, de frapper très-rapidement des carafes, des bouteilles de champagne, enfin de satisfaire aux besoins ordinaires de la vie domestique.

INSTRUMENTS D'AGRICULTURE

COUPE-RACINES

DE DIVERS SYSTÈMES

Par MM. **ALBARET** et Cᵉ, constructeurs-mécaniciens à Liancourt (Oise).

M. **CHAMPONNOIS**, ingénieur à Paris.

Et M. **LORON**, mécanicien à Senlis.

(PLANCHE 38)

Comme nous l'avons fait tout récemment pour les hache-paille, nous allons décrire les divers systèmes de coupe-racines qui sont adoptés le plus généralement dans les fermes importantes et autres grands établissements ruraux, où la nourriture des bestiaux exige de diviser très-rapidement de grandes quantités de racines, légumes, plantes bulbeuses et autres pour préparer leurs aliments de chaque jour.

On fait aussi usage de ces instruments dans les distilleries agricoles (système Champonnois) pour découper les betteraves en rubans minces et étroits, ou *cossettes,* avant de les soumettre à la macération (1).

Il y a bien encore, appartenant à la même famille d'instruments, les râpes à betteraves pour sucrerie, les râpes à pommes de terre en usage dans les féculeries (2), les coupe-fruits pour la préparation du cidre, les machines à hacher les choux destinés à faire la chouchroute, etc. Mais ces divers appareils, quoique ayant tous le même but, celui de la division plus ou moins fine des végétaux soumis à leur action, n'en présentent pas moins, dans leur construction et dans leur fonctionnement, des différences très-sensibles, justifiées jusqu'à un certain point, par

(1) Dans le volume IX nous avons donné le dessin des appareils et la description de ce système de distillerie.

(2) On trouve les dessins de ces divers appareils dans le IVᵉ volume.

leurs productions diverses, c'est ce que l'on reconnaît dans chacun des appareils spéciaux et principalement, comme on va pouvoir en juger, dans les *coupe-racines* proprement dits.

On divise généralement ceux-ci en trois catégories : dans la première entrent ceux qui coupent les végétaux en lames minces ou *tranches*; dans la seconde sont ceux qui les découpent en prismes réguliers; et enfin les troisièmes qui permettent de réduire les racines en *pulpe* grossière destinée à être mélangée avec des fourrages secs que l'on donne en nourriture aux bestiaux.

Les premiers coupe-racines dont on a fait usage dans l'agriculture paraissent être ceux établis sur le principe d'un mouvement alternatif communiqué, au moyen d'un levier, à un porte-lames vertical, comme dans les premiers hache-paille, dits à guillotine (1); puis sont venus, pour ne plus être abandonnés, les coupe-racines à tambour (2), et ceux à disques, qui sont maintenant encore les plus employés dans les campagnes.

Ces derniers se composent, en principe, d'un disque vertical en fonte, monté sur un arbre horizontal, et présentant un certain nombre d'ouvertures étroites, allant du centre à la circonférence, et sur les bords desquelles sont fixées des lames tranchantes. Les racines, jetées dans la trémie placée contre le disque, rencontrent les couteaux quand on met le disque en mouvement, et se trouvent divisées en tranches dont l'épaisseur est réglée par la saillie des lames sur le plan du disque.

On a fait usage, dans un temps, de lames courbes, dans le genre de celles appliquées aux volants des hache-paille; mais ici, l'effort à vaincre n'étant pas aussi considérable, n'a plus besoin de se produire dans les mêmes conditions, et l'emploi des lames droites est de beaucoup préférable en ce qu'elles sont moins dispendieuses, se repassent plus aisément et sont d'un réglage plus facile.

A l'exposition universelle de Paris, en 1855, M. Durant de Bellegarde avait envoyé un petit coupe-racines remarquable par sa simplicité et son bas prix; il n'était coté que 27 francs. Cet appareil, en usage dans les petites exploitations agricoles, se compose d'un châssis en bois, dont le fond est incliné d'environ 12 degrés par rapport à l'horizon; sur ce fond à claire-voie, une planchette, armée de couteaux à doubles tranchants,

(1) Voir dans le volume II de cette *Publication* le hache-paille et coupe-racines de M. Mothes. Dans le volume I du *Grand Recueil de machines* de M. Le Blanc, on trouvera aussi un coupe-racines à levier muni de couteaux et à mouvements alternatifs.

(2) Dans le même volume I du *Recueil* de M. Le Blanc on peut voir le dessin d'un appareil à tambour mobile horizontal, surmonté d'une trémie qui lui est concentrique et armé de quatre lames disposées à égale distance sur sa circonférence. Ces lames occupent toute la longueur du tambour, et chacune d'elles en porte sept autres petites destinées à couper les racines transversalement, de manière que les morceaux ne peuvent être plus grands que l'espace qui sépare ces petites lames.

reçoit un mouvement de va-et-vient, à l'aide d'une poignée à bras qu'on fait manœuvrer comme un tiroir qu'on tirerait et repousserait alternativement, et dont une courroie limite la course. On coupe les racines en tranches plus ou moins épaisses, selon le jeu des couteaux; pour les bœufs, l'épaisseur est ordinairement de 10 millimètres, et la largeur de 50 millimètres; pour les moutons, de 5 millimètres sur 40 millimètres.

Une disposition analogue avait déjà été appliquée par M. Champonnois: seulement, dans ce premier système, le châssis porte-couteau, au lieu d'être poussé et tiré alternativement, était animé d'un mouvement oscillatoire de va-et-vient, dans un plan horizontal autour d'un centre fixe.

On se sert aussi, en Écosse, d'un coupe-racines à levier, qui se compose simplement d'une sorte de trémie étagée, dans laquelle on jette les légumes; puis, une fois remplie, on y fait descendre verticalement, à l'aide du levier, une sorte d'emporte-pièce composée d'autant de lames superposées qu'il y a d'étages à la trémie.

Ces divers systèmes, à mouvements alternatifs, ne peuvent produire autant que les coupe-racines à disque; ceux-ci même ne sont pas assez puissants pour les grandes exploitations rurales et encore moins pour les distilleries; on leur substitue, dans ces cas, des instruments à tambour rotatif armé de couteaux.

A cette classe d'appareils appartient le coupe-racines de Grignon, dont l'organe principal est formé d'un tronc de cône très-légèrement aigu, à axe horizontal (1), que l'on garnit d'un nombre variable de couteaux, de manière à couper en tranches et en lanières de diverses grosseurs et épaisseurs. Les couteaux, pivotant sur leur axe, peuvent être facilement réglés au moyen de vis de pression.

A l'exposition universelle de Paris, en 1855, a figuré un coupe-racines, un peu compliqué à la vérité, mais qui a donné, suivant le rapport du jury, de très-bons résultats; il se compose d'un premier disque horizontal, armé de couteaux qui coupent les racines en tranches. Ces tranches viennent tomber sur deux cylindres horizontaux, dont l'un est armé de pointes et l'autre de larmes circulaires; les tranches sont alors recoupées en prismes quadrangulaires avec une précision remarquable. Cette machine peut débiter par heure 1,000 kilogrammes de betteraves.

Parmi les coupe-racines à tambour rotatif, le plus estimé en Angleterre est celui de Gardner. Il se compose d'un bâti surmonté d'une trémie, dont deux des côtés sont formés d'un grillage en fer afin de permettre, comme dans les coupe-racines à disque, aux pierres qui peuvent se trouver mêlées aux végétaux, de s'échapper avant d'arriver à l'organe diviseur. Ce dernier, placé directement au-dessous de la tré-

(1) Le coupe-racines représenté par les figures 7 et 8 de la planche 38 appartient à ce système.

mie, dont il remplace le fond, consiste en un cylindre creux en tôle, tournant sur l'axe horizontal qui porte le volant, et armé de lames échelonnées, sortes d'emporte-pièces correspondant à des ouvertures de mêmes formes ménagées à sa circonférence; les racines divisées tombent par lesdites ouvertures à l'intérieur de ce cylindre, qui est légèrement incliné pour les laisser glisser dans la corbeille destinée à les recevoir.

Ce coupe-racines, ainsi que quelques-uns à disque, est à *double effet*, c'est-à-dire que l'appareil jouissant de cette propriété, porte deux jeux de lames fixés dos à dos, de telle façon qu'en tournant la manivelle dans un sens, on coupe les racines en tranches pour la nourriture des bœufs, par exemple, tandis qu'en renversant le mouvement on les débite en copeaux ou cossettes, pour les donner aux moutons, ou encore tel qu'il est nécessaire de les diviser pour les soumettre, dans les distilleries, à la macération.

M. Conrad, mécanicien à Bourg-la-Reine, s'est fait breveter en 1860, pour une disposition de coupe-racines qui permet d'atteindre le double résultat dont nous avons parlé, mais d'une manière toute différente. Sur un arbre horizontal sont fixés deux cônes tronqués, réunis par leurs petites bases, et formant ainsi avec la trémie deux compartiments; des couteaux de formes spéciales, pour chacun d'eux, permettent de couper d'un côté, en tranches plus ou moins longues et épaisses, et de l'autre côté, en cossettes plus ou moins fines.

Un autre système de coupe-racines à tambour rotatif est celui de M. Champonnois, dans lequel les couteaux, au lieu d'être montés pour couper à l'extérieur dudit tambour, ont, au contraire, leur tranchant dirigé vers l'intérieur, de telle sorte que les racines, qui y sont jetées entières, en sortent divisées, à la circonférence extérieure, par les ouvertures ménagées dans l'épaisseur de la paroi, et contre lesquelles les couteaux sont fixés.

Pour faciliter le service, le tambour est placé sur un axe vertical et il a la forme d'un cône renversé, présentant ainsi en dessus une large ouverture surmontée d'une trémie pour l'introduction des végétaux à diviser. A l'intérieur sont deux palettes fixées à la trémie; elles sont destinées à arrêter les racines pour qu'elles ne soient pas entraînées dans la rotation rapide communiquée au tambour, et, contrairement, les obliger ainsi à se présenter aux couteaux, en offrant la résistance nécessaire pour leur division rapide.

Malgré les bons résultats relatifs que donnait ce système, M. Champonnois l'a modifié d'une façon radicale : il a renversé le mode d'action des couteaux, c'est-à-dire, que de mobiles qu'ils étaient, il les a rendus fixes avec le tambour; et alors ce sont les racines qui viennent d'elles-mêmes se présenter aux couteaux sous l'action de la force centrifuge, qui leur est communiquée par des ailettes fixées sur l'arbre

moteur horizontal. Le dessin et la description détaillée que nous donnons plus loin de ce nouvel appareil, permettra d'en bien apprécier les dispositions spéciales.

MM. Radidier et Simonel se sont fait breveter en 1857, et plus tard en 1861, pour des coupe-racines, dans lesquels on retrouve plusieurs des dispositions dont nous venons de parler : c'est-à-dire celles des appareils à disque vertical, à tambour horizontal, et à cône vertical, ces deux derniers, mobiles et armés de lames à tranchants intérieurs, comme dans le premier système de M. Champonnois.

Il y a encore le coupe-racines à plateau horizontal fixe et à trémie mobile, d'origine anglaise, inventé par M. Biddell; il est représenté fig. 10 et 11 de la pl. 38, nous en donnons également la description.

Les nombreux modèles qui figuraient à l'exposition universelle de Londres, en 1862, appartenaient tous aux divers systèmes que nous venons de passer en revue, à l'exception de l'appareil dit *dépulpeur*, de M. Bentall. Celui-ci se compose d'un cylindre plein, dans lequel sont implantées, selon des lignes hélicoïdales, les dents destinées à déchirer les racines contenues dans une trémie fixée au-dessus de ce cylindre. Les dents se nettoient en passant dans les filets d'une vis dont le pas est le même que celui de l'hélice, suivant laquelle les dents sont rangées sur le cylindre.

Cet appareil diffère assez sensiblement des coupe-racines, mais il est employé à peu près pour les mêmes usages : il permet de réduire les plantes bulbeuses en pulpe grossière, très-facile à mélanger intimement avec certains fourrages secs très-absorbants.

Maintenant que nous avons donné une idée générale des divers systèmes de coupe-racines en usage, nous allons décrire en détail ceux qui, en France, présentent les meilleures dispositions, et dont la régularité du fonctionnement a reçu la sanction de l'expérience, par de nombreuses applications dans les métairies et dans les distilleries.

COUPE-RACINES A PLATEAU VERTICAL,

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1 A 6 PL. 38.

Les coupe-racines à plateau vertical sont à bâti en bois ou en fonte ; ils sont à deux, trois, quatre ou six lames ; dans tous les cas, le plateau porte-lames P est fixé, comme on le voit sur la section verticale fig. 1, à l'extrémité de l'arbre horizontal A, qui tourne dans des paliers en fonte P′, boulonnés sur le bâti B.

A l'extrémité opposée à celle qui porte le plateau, l'arbre A reçoit la manivelle destinée à transmettre le mouvement à bras ou, si l'appareil est actionné par un manége ou par une machine à vapeur, la poulie fixe *p*.

Dans ce cas, une poulie folle p' est montée à côté de celle p pour recevoir la courroie, lorsqu'il est nécessaire d'arrêter la machine.

Le bâti est surmonté d'une trémie B', dans laquelle on jette les racines destinées à être coupées ; elle est formée, dans l'appareil construit par M. Loron, représenté fig. 1, d'un cadre en fer d'angle b, rivé à des parois en tôle ; celle qui se trouve du côté du porte-lames est percée d'une ouverture circulaire b', d'un diamètre égal au cercle décrit par l'extrémité des lames, et le côté qui lui fait face est formé d'une série de tringles en fer rond c, formant une sorte de grille en surface gauche, qui a l'avantage de laisser passer la terre et les petites pierres avant d'arriver aux couteaux. Quant aux deux côtés latéraux, l'un est vertical et l'autre présente un double plan incliné sur lequel glissent les racines, afin de descendre vers la partie inférieure de la grille c, où elles viennent s'appuyer contre les couteaux du plateau porte-lames pour y subir leur action.

Ce plateau P est ici fondu avec six ouvertures rectangulaires allant du centre à la circonférence, et l'un des bords est renflé, comme on le voit fig. 2, pour présenter une surface inclinée sur laquelle s'ajuste la lame de couteau a, et pour recevoir, également distancés, deux ou trois boulons a', à tête fraisée intérieurement, destinés à maintenir solidement la lame contre le plateau, au moyen d'un écrou de serrage.

Comme on le voit représenté sur la fig. 3, les lames sont découpées en dents de bouvets, et les ouvertures a^2, dont elles sont munies pour le passage des boulons d'attache, sont oblongues afin de pouvoir régler aisément leur position, pour permettre de leur donner plus ou moins de saillie, et aussi gagner l'usure qui se produit après l'affûtage.

MM. Albaret et Cie, de Liancourt, dont nous avons déjà publié plusieurs appareils intéressants, ont modifié ce système de coupe-racines à plateau vertical, en le rendant plus simple dans sa construction.

Les figures 4, 5 et 6, représentent en élévation de face, en plan vu en dessus et en section verticale, cette nouvelle disposition qui a fait le sujet d'un brevet, en date du 7 mai 1863.

Ce qui distingue cet appareil, c'est sa trémie B en forme de *coquille d'escargot*, laquelle s'enroule, pour servir de palier, autour de l'arbre A, qui porte le plateau P, de sorte que les racines toujours pressées, quoique diminuant d'épaisseur, s'appliquent constamment tout autour dudit plateau.

L'arbre A est supporté par les deux collets en bronze, ajustés dans le double palier B', qui est fondu avec la trémie, et il est muni, à son extrémité, des poulies fixe et folle p et p', destinées à recevoir la courroie motrice, lesquelles peuvent être remplacées par une simple manivelle lorsque l'on veut faire marcher l'appareil à bras.

Une enveloppe en tôle C s'oppose à la projection des racines coupées et divisées par les couteaux a, fixés au plateau. Cette enveloppe est

maintenue sur la coquille au moyen de deux goujons à poignées *d*, qui pénètrent dans des oreilles *d'*, venues de fonte avec la trémie, et qu'on peut facilement enlever à la main, quand on veut nettoyer, affûter ou régler les couteaux.

L'ensemble de l'appareil ainsi disposé peut être monté sur un bâti quelconque, au moyen de boulons qui traversent les oreilles *b*, fondues avec la coquille en escargot, qui forme à la fois trémie et support de l'arbre de transmission.

En communiquant à cet arbre une vitesse de 230 à 250 tours par minute, on peut diviser en une heure 1,000 à 1,200 kilogrammes de betteraves.

COUPE-RACINES A TAMBOUR CONIQUE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 7, 8 ET 9

Les figures 7 et 8 représentent, suivant deux sections verticales faites perpendiculairement l'une à l'autre par le milieu, un coupe-racines du système dit de Grignon, construit et perfectionné par MM. Albaret et Cie.

Dans ce système, au plateau porte-lames est substitué le tambour conique T, claveté sur l'arbre horizontal A. La circonférence de ce tambour est percée, suivant les génératrices du cône, de 12 ouvertures rectangulaires à bords arrondis, munies chacune d'un couteau; celui-ci n'est autre qu'une plaque en acier *a* (fig. 9), qui présente, au-dessus de l'ouverture du tambour, sur laquelle elle est fixée par des vis à tête fraisée, une suite régulière d'ondulations formant des vides, alternativement interrompus, qui sont destinés à laisser passer à l'intérieur du tambour les cossettes des végétaux déchirés par le bord tranchant de la plaque d'acier.

Les plantes bulbeuses, racines ou autres, sont jetées sur la grille inclinée *c*, afin d'y glisser et de se présenter d'elles-mêmes à l'action des couteaux, puis venir s'appuyer, par leur propre poids, sur la circonférence du tambour; elles y sont arrêtées jusqu'à parfaite division par la paroi fixe *c'*, qui, avec les côtés latéraux B', forment la trémie proprement dite B'.

Cette trémie est fixée sur une plaque *b*, fondue avec les deux paliers *b'*, dans lesquels tourne l'arbre moteur A, qui est muni du volant régulateur V, destiné à assurer la continuité du mouvement; dans le cas de la manœuvre à bras, une manivelle est montée à l'extrémité de l'arbre.

La plaque *b*, réunissant ainsi toutes les pièces de l'appareil, est fixée sur le bâti B, qui est fondu d'une seule pièce et, muni d'une sorte de tablier en tôle D, lequel épouse la forme conique du tambour, afin de recevoir les produits divisés s'échappant de son intérieur, et pouvant les conduire dans un panier placé entre les pieds du bâti.

COUPE-RACINES A PLATEAU HORIZONTAL FIXE

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 10 A 12.

Contrairement aux machines à plateau vertical et à tambour conique, le plateau horizontal, armé des couteaux de ce coupe-racines, est fixe, tandis que la trémie tourne autour d'un axe vertical.

Cette disposition très-originale est attribuée à M. Biddell, et ce sont MM. Ransomes et Sims, de Ipswich, qui, en Angleterre, construisent ce système.

Le modèle que nous avons représenté en section verticale (fig. 10), et en plan horizontal vu en dessus (fig. 11), est de la construction de MM. Albaret et Cie. On voit que cet instrument se compose du plateau horizontal en fonte P, fixé sur un trépied de même métal B, qui le maintient élevé à une hauteur convenable au-dessus du sol.

Ce plateau est fondu avec un renflement central auquel est fixé l'axe en fer *c*, sur lequel est montée la douille de la trémié B', dont le bord circulaire repose, en outre, sur celui du plateau qui présente une *saillie* dressée au tour à cet effet. Le bord R de la trémie qui désaffleure justement sur le plateau est denté afin d'engrener avec le pignon d'angle *r*, fixé sur l'arbre horizontal A, lequel reçoit le mouvement du moteur au moyen de la poulie *p'*, calée près du pignon.

Cette trémie est divisée par les cloisons à surfaces gauches *b*, reliant la circonférence intérieure à la douille centrale, de sorte que l'on peut ne remplir qu'un ou deux de ces compartiments, si on veut faire fonctionner l'appareil à bras, ou facultativement tous les trois, si on dispose d'une force motrice assez considérable.

Les couteaux, au nombre de trois, sont formés de feuilles d'acier *a* (voyez fig. 12), découpées suivant un arc de cercle et vissées à plat sur le plateau, près des ouvertures de forme correspondante, à bords arrondis, ménagées dans l'épaisseur de celui-ci.

La denture de ces lames est obtenue simplement par un poinçon, au moyen duquel on pratique sur le bord, à des distances égales, des fentes obliques parallèles; on relève ensuite le bord ainsi taillé, et on abaisse, en les pliant avec une pince, chacune des pointes aiguës qui résultent de la découpure oblique, de façon à former les petits triangles *a'* (fig. 12), dont les sommets sont dirigés vers les ouvertures des plateaux par lesquelles les racines tranchées tombent, par l'entonnoir D, dans le panier que l'on place sous le bâti, sur sa traverse B^2.

Le plateau fixe formant le fond ainsi que la paroi circulaire de la trémie, sont percés de trous pour laisser échapper au besoin les pierres qui pourraient se trouver mêlées aux racines.

Dans ce système, la trémie étant continuellement en mouvement puisque ce sont ses cloisons qui amènent les racines à l'action des couteaux, celles-ci ne peuvent rester attachées aux parois, comme cela arrive souvent dans la plupart des autres systèmes de coupe-racines.

COUPE-RACINES A TAMBOUR FIXE, SYSTÈME CHAMPONNOIS

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 13, 14 ET 15.

A l'exception du dernier système que nous venons de décrire, dans la plupart des coupe-racines en usage, la racine est immobile; elle ne se présente à l'action du couteau que par sa pesanteur et, le plus souvent, par la forme particulière de la trémie dans laquelle elle s'engage, en s'appuyant plus ou moins sur la surface travaillante, selon l'inclinaison de cette trémie, la forme et les dimensions de la racine. Ainsi, dans les trémies plus ou moins inclinées, elle s'engage trop ou pas assez : trop, elle absorbe, en frottement inutile, une notable partie de la force; pas assez, elle roule ou reste inerte à l'action du couteau.

Dans l'appareil de M. Champonnois, la racine, au lieu d'être présentée immobile à l'action d'un porte-lames mobile, est animée d'un mouvement rapide dans un tambour fixe armé intérieurement de couteaux. Ce nouveau coupe-racines repose donc en principe sur l'*application de la force contrifuge agissant sur les matières à diviser, de façon à les obliger à se présenter, sous cette énergique impulsion, à l'action de couteaux diviseurs, fixés contre la périphérie intérieure d'un tambour immobile.*

Les fig. 13 et 14, qui représentent cet instrument en sections verticales, l'une faite parallèlement à l'axe et l'autre faite perpendiculairement, suivant la ligne 1-2, permettront d'en apprécier les dispositions.

La pièce principale est le tambour T, fondu avec quatre oreilles pour être fixé par des boulons sur un établi ou un bâti quelconque. Intérieurement, ce tambour est légèrement conique, et sa circonférence est percée de six ouvertures rectangulaires, également distantes les unes des autres et destinées à livrer passage à six lames en acier *a*, qui sont ajustées sur des faces inclinées et dressées, ménagées de fonte à la circonférence du tambour.

Ces lames, taillées à dents de bouvets pour diviser la matière, sont soutenues par des contre-lames lisses, et le tout est maintenu en place (fig. 15) par des boulons *a'* à tête en forme de T, qui sont engagés dans des rainures de forme correspondante pratiquées dans l'épaisseur des saillies du tambour sur lesquelles les lames reposent bien à plat.

Ce mode de montage des lames permet de régler leur position très-aisément et, par suite, de donner aux couteaux, à l'intérieur du tambour, une saillie facultative et toujours en rapport avec la nature des matières soumises à la division.

L'un des bouts de ce tambour reste ouvert et reçoit l'entonnoir ou trémie B', par laquelle on introduit les racines, et l'autre bout est fermé par le plateau mobile E, fondu avec un moyeu et deux bras *e*, qui, remplissent les fonctions d'agitateurs, en chassant à la circonférence interne, contre les lames *a*, les racines introduites par la trémie B'.

Le mouvement est communiqué à ce plateau, par l'arbre A, à l'extrémité duquel il est claveté, et qui porte les poulies *p* et *p'*, l'une fixe, lui transmettant l'action du moteur, l'autre folle pour recevoir la courroie lorsqu'on veut arrêter la marche de l'appareil.

L'arbre moteur A est supporté par les deux paliers *b*, qui sont fondus avec la chaise en fonte B, boulonnée solidement contre le tambour.

Il est urgent quelquefois de faire arriver de l'eau à l'intérieur de l'appareil pour faciliter le travail de division des couteaux, c'est pourquoi l'auteur a ménagé à la partie supérieure du tambour un long godet *t*, dont le fond est percé de plusieurs trous en communication avec l'intérieur, et dans lequel on fait arriver le liquide par un tuyau venant du réservoir, lequel est muni d'un robinet permettant de régler son débit.

Pour que les racines divisées, qui sortent à la circonférence du tambour par les ouvertures laissées libres entre les couteaux, ne soient pas projetées au loin, le tambour est recouvert d'un tablier en tôle C, formant des ailettes, qui s'y agrafent au moyen des pitons *c*.

Malgré les dimensions restreintes de l'appareil représenté, pl. 38, le rendement peut cependant être considérable, si on donne à l'agitateur qui chasse les racines à la circonférence une vitesse de :

200 à 300 tours à la minute, par exemple,

on peut ainsi débiter 4,500 à 5,000 kilogr. de betteraves par heure.

Dans tous les cas, si, par la force dont on dispose, on ne peut atteindre cette vitesse, l'appareil n'en fonctionne pas moins bien ; il n'y aura qu'une quantité de matière débitée un peu moindre, mais qui sera toujours en raison du travail kilogrammétrique dépensé.

Son prix est de 250 fr.

En modifiant un peu la construction de cet appareil, c'est-à-dire en substituant aux couteaux un grand nombre de lames de scies sur toute la périphérie du tambour, M. Champonnois est arrivé, en conservant le principe du tambour fixe armé de dents, à exécuter des râpes pour diviser les *racines en pulpe*, qui donnent des résultats au moins égaux à ceux des instruments spéciaux effectuant ce travail, et offrent un grand avantage au point de vue de la simplicité de construction, et une économie notable sur la force motrice nécessaire pour les faire fonctionner.

MACHINES-OUTILS

MACHINE A MORTAISER ET RAINER

LES MÉTAUX, A OUTIL ROTATIF

Par MM. SHARP, STEWART et C[e], constructeurs à Manchester

(PLANCHE 39)

Les machines à mortaiser les métaux n'ont pas subi de perfectionnements importants depuis quelques années; la dernière exposition universelle de Londres, en 1862, ne nous a montré que les types bien connus de Whitworth et de Sharp et Roberts (1), auxquels seulement on avait ajouté le système de *retour rapide* de l'outil, disposé d'une manière analogue à celui de la machine à mortaiser les bois de l'usine de Graffenstaden, que nous avons publiée dans le XI[e] volume. Les seules machines de ce genre, qui présentaient un véritable caractère de nouveauté, étaient celles à *outils rotatifs* (2) de MM. Shanks et C[ie], de Londres, et de MM. Sharp, Stewart et C[ie], de Manchester : encore la première avait-elle déjà fait son apparition à l'exposition universelle de Paris, en 1855.

Dans ce système, en même temps qu'il tourne, l'outil se déplace longitudinalement, de telle sorte que la largeur de la mortaise se trouve déterminée par le diamètre de la fraise, et sa longueur par la course, variable à volonté, que l'on peut donner au chariot porte-outil; quant à la profondeur, elle est obtenue par l'abaissement plus ou moins considérable de la mèche, que celle-ci reçoit à chaque passe par l'intermédiaire

(1) Nous avons publié avec beaucoup de détails dans le vol. II de ce Recueil une mortaiseuse de ces constructeurs, et tout dernièrement, dans le vol. XIV, une machine de même genre, de M. Pérard, de Liége.

(2) MM. Bernier et Arbey, de Paris, construisent depuis longtemps des machines à *mortaiser le bois* également sur ce principe de l'outil rotatif. Nous en avons donné un dessin et une description dans le vol. XXII du *Génie industriel*.

d'un mécanisme spécial commandé automatiquement par la poulie motrice.

L'avantage que présente ce nouveau système de machine à outil rotatif sur les mortaiseuses à action alternative ou de va-et-vient, c'est de dresser les parois et le fond des mortaises ou des cannelures, aussi bien que pourrait le faire une bonne machine à raboter, tout en permettant de creuser une pièce de métal quelconque, suivant tel profil déterminé que l'on désire.

Dans un fort intéressant article publié récemment dans les *Annales du Conservatoire impérial des arts et métiers*, sur les machines à travailler les métaux et les bois exposées à Londres, M. Tresca a décrit, de la manière suivante, la machine à outil rotatif de MM. Shanks et Cie.

Cette machine, la première qui ait été employée en France, porte deux-outils horizontaux placés sur une même ligne; la pièce à mortaiser se place dans l'axe de la machine, au moyen d'une pointe et d'une lunette à mâchoires concentriques; le support à chariot qui porte les deux outils est amené en face d'elle, de manière que le travail se commence au point convenable; au début, l'écartement des deux leviers se règle à la main, au moyen d'une vis à deux pas contraires; les porte-outils reçoivent leurs mouvements de rotation à la manière ordinaire, et le support tout entier se transporte à l'aide d'une transmission composée d'une bielle attachée à un plateau actionné par deux roues d'engrenage ovale, qui ont pour but de rendre uniforme la translation de l'outil.

A la fin de chaque course, un buttoir détermine l'avancement des deux mèches, de la quantité convenable, et ils marchent ainsi à l'encontre l'un de l'autre, jusqu'à ce que la cloison qui les sépare n'ait plus que l'épaisseur d'une fraction de millimètre.

M. Shanks trouve, dans cette combinaison de deux outils, l'avantage de ne leur faire faire à chacun qu'un chemin égal à la demi-épaisseur de la pièce en travail, ce qui lui permet de donner à ses outils moins de longueur, au grand profit de la régularité des surfaces exécutées; mais, après avoir dégagé la pièce, il faut rompre, au burin ou à la lime, la petite cloison de métal qui sépare encore les deux mortaises, et c'est là un inconvénient que ne présente pas la machine à un seul outil.

La machine à deux outils, quoique produisant du reste un excellent travail, présente encore l'inconvénient d'exiger un emplacement assez considérable, par suite de l'emploi des engrenages elliptiques, et de la bielle qui communique le mouvement au plateau à course variable provoquant le déplacement du chariot porte-outil.

Dans la machine de MM. Sharp, Stewart et Cie, comme on peut s'en rendre compte à l'inspection du dessin que nous en donnons pl. 39, toutes les pièces se trouvent réunies dans un petit volume, parfaitement groupées sur un bâti en fonte muni d'un tablier horizontal destiné à re-

cevoir les pièces à mortaiser, et qui est semblable à celui des étaux limeurs ordinaires.

Ce nouveau système de machine à mortaiser est déjà très-répandu dans les ateliers anglais; on en trouve aussi à deux tables et à deux poussées, de telle sorte que l'on peut façonner à la fois les deux extrémités de la même pièce, d'une tête de bielle par exemple, et, en tous cas, on peut toujours aisément travailler, sans avoir à les démonter aussi souvent, chacune des pièces soumises à l'action des deux outils.

Deux modèles de ces machines doubles figuraient à l'exposition, l'un de MM. Sharp, Stewart et Cie, et l'autre de M. Whitworth. Ce dernier ne diffère pas de beaucoup du précédent; comme dans celui-ci, le banc à coulisse est rainé dans toute sa face antérieure, de manière à recevoir les deux plateaux qui peuvent se déplacer, soit dans le sens vertical, soit dans le sens longitudinal.

La tige de l'outil rotatif tourne avec ses ajustements coniques, en acier trempé, dans un tube de section octogonale qui se place comme le porte-foret d'une machine à percer; tous les organes de transmission nécessaires pour donner le mouvement de rotation, et l'avancement du fer, fonctionnent automatiquement à l'intérieur de chacune des poupées, qui se déplacent à volonté tout le long de la glissière de la face supérieure du banc.

Le mode de construction de l'outil est spécialement étudié pour éviter tout jeu latéral; des dispositions particulières sont prises pour ajuster l'outil pendant son action, soit dans le sens longitudinal, soit dans le sens transversal, et pour régulariser la direction de la rainure.

Dans cette machine, M. Whitworth évite l'emploi des roues elliptiques, en déterminant l'avance de la mèche d'une manière continue, et non pas seulement à l'extrémité de chaque course; il est difficile de croire, dit M. Tresca, que cette combinaison, beaucoup plus simple, satisfasse complétement aux conditions d'un aussi bon travail.

On construit encore ces machines sous une autre forme pour le cas où les mortaises ne doivent pas être dirigées suivant la longueur de la pièce, comme, par exemple, pour les T des machines à vapeur. Le bâti que porte la fraise est fixe, et la manivelle qui détermine le glissement agit alors sur la table sur laquelle la pièce est fixée. Toutes dispositions sont prises pour que ce déplacement ait lieu dans une direction quelconque.

Dans ces sortes de machines, la forme de l'outil rotatif présente un grand intérêt : aussi aurons-nous le soin d'en faire bien apprécier les dispositions spéciales dans la description détaillée que nous allons donner de toutes les pièces qui composent la machine de MM. Sharp, Stewart et Ce.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A MORTAISER A OUTIL ROTATIF

REPRÉSENTÉE PL. 39.

La fig. 1 est une élévation vue de face de la machine toute montée et prête à fonctionner;

La fig. 2 en est une vue de côté;

La fig. 3, une section verticale passant par le milieu du bâti, de la poupée mobile et de la table.

Les fig. 4 et 5 montrent, en section verticale et en plan horizontal, le mécanisme de transmission de mouvement logé à l'intérieur du banc de la poupée porte-outil.

La fig. 6 est un tracé graphique de la roue elliptique engrenant avec son pignon à axe excentré.

Les fig. 7 et 8 sont des détails des engrenages communiquant à l'outil ses mouvements de rotation et de descente automatiques.

La fig. 9 représente de face, de côté et en plan vu en dessous, l'outil qui effectue la mortaise.

La fig. 10 montre comme exemple une pièce qui a été soumise à l'action de l'outil.

Dispositions générales. — L'inspection de ces figures fait reconnaître que cette machine se compose d'un banc creux rectangulaire en fonte A, supporté par deux pieds-droits de même métal A'. Le dessus de ce banc a ses côtés longitudinaux dressés et taillés à queue d'hironde pour recevoir la poupée B, qui est le porte-outil proprement dit. Sur le devant, il est fondu avec un appendice qui descend entre les pieds-droits, de façon à présenter une surface verticale contre laquelle peut glisser la console C supportant la tablette C', destinée à recevoir les pièces que l'on veut soumettre à l'action de l'outil.

La console C est retenue contre le banc par quatre boulons *c* (fig. 1), dont les têtes sont engagées dans des rainures *c'* pratiquées dans l'appendice du banc, lequel est en outre muni de la vis à filet carré D, au moyen de laquelle on règle à volonté la hauteur de la tablette C'. A cet effet, cette vis traverse un écrou *d* (fig. 3) prisonnier entre deux saillies ménagées de fonte à la console, et denté extérieurement pour engrener avec la vis sans fin *d'*, que l'on actionne au moyen d'une manivelle montée sur son axe *e* (fig. 1), prolongé pour la recevoir.

La tablette ou plateau porte-pièce C' est munie de rainures longitudinales pour recevoir les boulons à griffes qui maintiennent les pièces, et sa position peut être réglée par rapport à l'outil, dans le sens transversal, au moyen de la vis E, qui traverse l'écrou fixe *e'* (fig. 3), et que l'on fait tourner à la main, à l'aide d'une manivelle montée sur son axe prolongé E'.

Avec le banc, au-dessus, à ses deux extrémités, sont fondus les petites poupées *a* qui supportent l'arbre principal F recevant le mouvement du moteur, à une vitesse déterminée, variable à volonté, par l'intermédiaire des poulies étagées P.

Cet arbre communique à l'outil trois mouvements bien distincts: le premier de rotation continue, le deuxième de translation, et le troisième de descente à chaque extrémité de course.

Mouvement de rotation de l'outil. — Le mouvement de rotation est communiqué à l'arbre porte-outil G par une roue d'angle F′, entraînée par l'arbre moteur F au moyen d'une clavette engagée dans une longue rainure dont celui-ci est muni, et qui lui permet de se déplacer dans le sens de son axe pour suivre le mouvement de va-et-vient de la poupée B.

A cet effet, le moyeu de cette roue est tourné afin de présenter, comme on le voit fig. 7, une gorge dans laquelle reste constamment engagée une petite pièce à fourche *f*, en fer, boulonnée à la poupée; par ce moyen la roue, ne pouvant s'éloigner de celle-ci, est obligée de suivre tous ses mouvements en restant engrenée avec la roue G′; condition indispensable, car l'axe *f′* de cette dernière est monté dans une douille venue de fonte avec la poupée même.

Pour communiquer le mouvement à l'outil, l'autre extrémité de cet axe *f′* est munie du pignon d'angle *g*, qui commande la roue *g′* calée sur le porte-outil G. Le moyeu de cette roue est tourné en cône extérieurement pour être ajusté à l'intérieur du collet en acier *b* (fig. 3), maintenu haut et bas, sur un bras saillant venu de fonte avec la poupée, par des rondelles qui y sont vissées.

Mouvement de translation de l'outil. — Pour que le fond de la mortaise soit raboté avec une grande précision, il faut, autant que possible, que le déplacement longitudinal de l'outil se produise uniformément: la transmission par bielle et manivelle donne lieu a des déplacements trop irréguliers, et l'on n'est arrivé à une solution convenable qu'au moyen d'engrenages elliptiques.

Pour diminuer la période de ralentissement vers les points morts (1), on comprend en effet qu'il suffirait d'augmenter à ces instants la vitesse de la manivelle, ce que l'on peut facilement réaliser en fixant le bouton de cette manivelle sur un plateau elliptique, dont la denture serait commandée par un autre plateau semblable. Si le plus grand rayon de l'ellipse motrice correspond au plus petit rayon de l'ellipse conduite, le mouvement de rotation sera, à ce moment, accéléré, et si la manivelle est placée sur ce dernier rayon, l'influence finale des points morts se fera beaucoup moins sentir.

(1) Nous empruntons à l'article de M. Tresca, qui a paru dans les *Annales du Conservatoire* et que nous avons déjà mentionné, la description et le tracé du mouvement à engrenage elliptique, destiné à rendre uniforme, le plus possible, les transmissions par bielles et manivelles.



Pour arriver à ce résultat, MM. Shanks et Ce emploient deux roues elliptiques (1) égales, et disposées de telle façon qu'en tournant respectivement autour de leurs centres, leurs dents ne cessent pas d'être en prise, la somme des deux rayons vecteurs qui viennent se placer simultanément dans la ligne des centres restant exactement constante.

MM. Sharp, Stewart et Ce, dont nous décrivons la machine, arrivent au même résultat en employant comme moteur le pignon circulaire excentré P′ (voyez le tracé graphique, fig. 6), dont le développement total est la moitié de celui de la roue elliptique R qu'il conduit. Le bouton de manivelle *h* (fig. 4 et 5) est alors placé sur le petit axe de l'ellipse, et la distance des deux centres de rotation x et x' est mesurée par la somme des longueurs de ce petit axe et du plus grand rayon vecteur du cercle excentré.

Le mouvement est transmis de l'arbre moteur F au pignon circulaire excentré P′ par l'intermédiaire des deux poulies étagées *p* et P′; cette dernière est à l'une des extrémités de l'arbre horizontal H, placé en contre-bas du banc de la machine; il est fileté à son autre extrémité pour engrener avec la roue hélicoïdale H′, dont l'axe vertical porte le pignon *i* qui engrène avec la roue I (fig. 3 et 4), cette dernière étant montée sur le même arbre vertical que le pignon excentré P′. Celui-ci reçoit alors de l'arbre moteur, comme nous l'avons dit, mais avec une vitesse considérablement ralentie, un mouvement de rotation continue qu'il transmet à la roue elliptique R.

Le pignon P′ a 0m168 de diamètre; il tourne sur l'arbre x' excentré de 0m023, et placé à 0m250 de l'arbre x de la roue elliptique R, dont les axes ont pour longueur 0m378 et 0m286, de telle sorte que la distance entre ces deux axes mesure exactement la somme du petit rayon vecteur du cercle et du demi-grand axe de l'ellipse.

Le bouton de manivelle *h* peut se déplacer dans la coulisse *r* du plateau R′ fondu d'une seule pièce avec la roue R, de manière à s'écarter du centre, depuis 0 jusqu'à la distance maximum 0m180, suivant la course que l'on veut donner à l'outil. A cet effet l'extrémité de la bielle J, opposée au plateau manivelle, est attachée au bouton *j′* (fig. 4 et 5), relié à la tige horizontale J′, laquelle est guidée dans son mouvement rectiligne de va-et-vient par deux collets ménagés aux extrémités du banc, près des poupées fixes *a*.

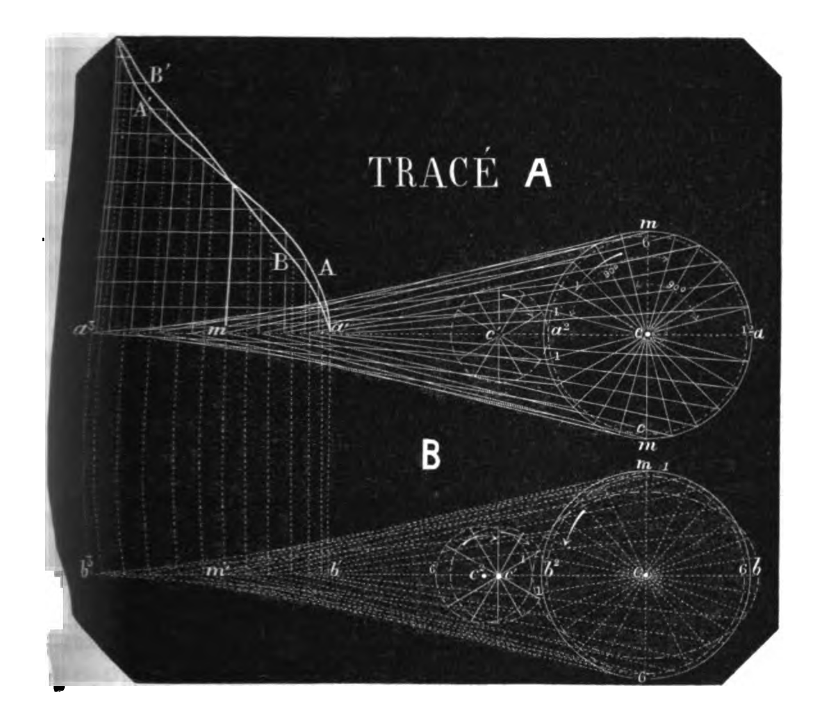
Le chariot porte-outil B est relié à cette tige par un écrou *j*, engagé dans les filets de sa partie filetée, afin de permettre, en la faisant tourner, au moyen d'une manivelle que l'on monte sur le carré qui termine l'une de ses extrémités, de déplacer à droite ou à gauche, à volonté, le porte-

(1) Dans le vol. v de ce Recueil (pl. 20), nous avons donné un tracé de roues elliptiques et des tableaux donnant les espaces parcourus en ligne droite, ou les courses rectilignes correspondant aux angles décrits par la manivelle.

outil pour le mettre en position convenable par rapport à la pièce à mortaiser.

Cette vis permet, en outre, de régler avec facilité la course de la manivelle en mobilisant dans le sens de son axe le bouton d'attache j' de la bielle ; il suffit pour cela de déplacer plus ou moins, suivant la longueur de la course que l'on désire donner à l'outil, les deux écrous k et k' entre lesquelles la douille du bouton est retenue sur la tige.

Pour permettre de se rendre compte des circonstances de la transmission de mouvement au moyen du pignon excentré commandant la roue elliptique, et en faire apprécier l'utilité, nous reproduisons avec quelques modifications sans importance, d'après M. Tresca, le tracé graphique ci-dessous :



Dans la première position, par exemple, le pignon moteur agit par son plus petit diamètre (Tracé B), sur l'extrémité du plus grand diamètre de l'ellipse conduite, et le bouton de manivelle se trouve sur ce diamètre en b, point auquel correspond le point b'. Lorsque le pignon excentré se déplace en entraînant l'ellipse, le point de contact a toujours lieu sur les lignes des centres $c\ c'\ c^2$, et le point b occupe successivement chacune des divisions du cercle, auxquelles correspond, en suivant une ligne droite, l'autre extrémité de la bielle de b' en m', position intermédiaire, et de là en b^3 position extrême.

Le déplacement angulaire du bouton *b* de la manivelle et celui de l'articulation *b'* de la bielle, étant ainsi déterminés, on a pu construire sur la ligne prise pour axe des abscisses, la courbe B B', dont les ordonnées augmentent de quantités égales pour des déplacements angulaires égaux.

Cette courbe affecte, d'une manière générale, la même forme que celle de la transmission par manivelle; pour en faciliter la comparaison, on a fait l'épure sur le tracé A, en supposant que la course totale fût la même dans les deux cas, pour chaque tour de l'arbre moteur.

On voit aussi que cette seconde courbe A A' est beaucoup plus renflée que la première, et que, pour celle-ci, la vitesse, après être arrivée beaucoup plus rapidement à son maximum, le conserve d'une manière plus exacte jusqu'à la fin de la période.

La courbe B B' se rapproche comme on voit davantage de la ligne droite, si ce n'est vers ses extrémités : on peut donc en conclure que c'est seulement vers les points morts que le mouvement est notablement retardé, et qu'ainsi la combinaison du pignon excentré et de la roue elliptique réalise d'une manière beaucoup plus rapprochée les conditions d'un transport uniforme.

En faisant usage de deux roues elliptiques et d'une bielle plus longue, comme le fait M. Shanks, la courbe obtenue est encore plus droite, et par conséquent l'uniformité du mouvement rectiligne de va-et-vient de l'outil plus parfaite : seulement, comme nous l'avons dit, l'ensemble de la machine ne présente plus le même caractère, toutes ses pièces n'étant plus groupées sous un aussi petit volume.

Descente de l'outil. — Quand l'outil a ainsi parcouru en tournant, au moyen des deux transmissions qui viennent d'êtres décrites, toute la longueur de la mortaise, rainure ou cannelure qu'il est en train de pratiquer dans la pièce soumise à son action, il doit descendre d'une certaine profondeur afin d'entamer le métal d'une nouvelle quantité en revenant à son point de départ, puis descendre encore et revenir jusqu'à ce qu'il soit arrivé à la profondeur voulue.

L'amplitude de ce mouvement de descente de l'outil doit pouvoir varier dans de très-larges limites suivant la dimension des mortaises ou des rainures, et surtout d'après la plus ou moins grande dureté de la pièce de métal en travail. Ce résultat est obtenu par les combinaisons mécaniques suivantes :

Le *mouvement ralenti* est transmis à chaque fin de course par une saillie formant l'office de camme, dont le dessous de la roue elliptique R est muni, et qui agit sur le galet du levier à deux branches L (fig. 2), reliées par la tringle *l* au levier simple L'; celui-ci est garni d'un cliquet qui vient agir sur la roue à rochet *l'*, fixée à l'extrémité de l'arbre horizontal M.

Ce mouvement rotatif intermittent est transformé, dans les mêmes

conditions en mouvement rectiligne, communiqué à l'arbre porte-outil G, au moyen des petites roues d'angle m et m' (fig. 5 et 8), et de l'arbre incliné M'; à cet effet, celui-ci, est muni à sa partie supérieure de la vis sans fin n, qui engrène avec la roue N, dont l'axe, par l'intermédiaire du pignon n', commande la crémaillère o (fig. 3), servant de douille ou canon au porte-outil.

Cette douille est ajustée dans la tête du chariot B, de façon à pouvoir s'y déplacer verticalement comme nous venons de le voir, sous l'impulsion du pignon n', mais sans tourner, tandis que le porte-outil, au contraire, tourne dans la douille, pouvant ainsi participer aux deux mouvements.

Le *mouvement accéléré*, appliqué quand la fraise doit agir sur du métal moins dur, est transmis directement de l'arbre moteur F, par la petite poulie à deux diamètres s, laquelle commande une poulie semblable s' (fig. 1), fixée sur l'axe de la vis sans fin t (fig. 8); celle-ci engrène avec une petite roue hélicoïde t', montée vers l'extrémité inférieure de l'arbre oblique M'. Ce dernier transmet ensuite le mouvement de descente au porte-outil, comme précédemment, par la roue N, le pignon n' et la crémaillère o.

Pour rendre les deux mouvements indépendants sans rejeter la courroie des poulies s et s', les constructeurs, au lieu de fixer la petite roue hélicoïde t' (fig. 8), sur l'arbre incliné M', l'ont montée folle, la rendant solidaire à volonté au moyen d'un petit plateau de friction v, calé sur ledit arbre.

Pour faire remonter rapidement l'outil après qu'une opération est achevée, l'ouvrier peut agir directement sur l'arbre du pignon n', en tournant à la main les deux petits volants V, fixés aux extrémités de cet arbre.

Forme de l'outil. — L'outil, par suite même de son action rotative, doit présenter, comme nous l'avons dit, une forme toute spéciale; la fig. 9 permettra de se rendre compte de sa disposition. On voit que ce n'est autre qu'une tige cylindrique en acier U dont deux des côtés sont aplatis et dressés suivant deux surfaces coniques u, allant en diminuant vers le bas et formant en conséquence un rectangle curviligne u', dont les deux côtés parallèles sont des lignes droites reliées aux deux extrémités par des arcs de cercle, comme on le voit par le plan vu dessous.

Ce rectangle est entaillé suivant un profil demi-cylindrique y, à génératrice horizontale et inclinée, suivant un certain angle y', par rapport aux faces dressées u; il ne reste donc plus du rectangle que deux petits triangles u' (voir le plan), formés chacun par l'un des côtés curvilignes de la face primitive, par une partie seulement de l'un des côtés rectilignes, et par l'une des génératices inférieures de l'évidement demi-cylindrique y.

On affûte ensuite un peu en biseau les deux triangles et on obtient deux dents aiguës z et z', qui, reposant sur un plan parfaitement horizon-

tal, peuvent mordre avec une grande énergie la surface à travailler, sur toute la longueur des génératrices horizontales, surtout si la pression est grande.

Les outils, ainsi disposés, coupent avec une très-grande précision, et leur affûtage, qui ne présente aucune difficulté, leur permet toujours de conserver le même diamètre extérieur, qui est celui de la mortaise à exécuter.

Pour l'exécution des rainures et des mortaises de grandes largeurs, MM. Sharp, Stewart et Cie, ont profité de ce que les outils ne doivent pas couper par leur centre, pour remplacer celui qui vient d'être décrit par un simple manchon cylindrique en acier, dans toute la longueur duquel ils introduisent, avec une légère inclinaison, deux burins, dont ils fixent la position avec des vis, et qui ne dépassent la face inférieure du manchon que de quelques millimètres.

Ces burins peuvent être facilement enlevés toutes les fois qu'il est utile de les affûter. Dans d'autres circonstances, on se sert simplement d'une broche en acier, taillée en forme de fraise sur son pourtour.

Il existe, au Conservatoire impérial des Arts et Métiers, des dessins et un petit modèle de la machine de MM. Sharp, Stewart et Cie, et aussi quelques pièces exécutées par elle, qui sont des modèles de précision et de perfection; la trace de l'outil est à peine apparente et les surfaces dressées n'ont nullement besoin du secours de la lime pas plus que de celui du burin.

TYPOGRAPHIE

MACHINE A FONDRE LES CARACTÈRES D'IMPRIMERIE

Par M. FOUCHER, mécanicien à Paris

(PLANCHE 40)

On sait que les caractères d'imprimerie sont mobiles et représentent séparément toutes les lettres de l'alphabet, ainsi que les signes de la ponctuation, les chiffres, etc. Le caractère, lettre ou chiffre, est un parallélipipède d'environ 24 millimètres de haut sur une épaisseur, et une largeur qui varient de 1 à 3 millimètres selon le *corps* ou la nature de la lettre (1).

D'un bout cette pièce porte en relief l'*œil* de la lettre (voir la fig. 15 de la pl. 40). C'est cette partie qui imprime. L'autre bout ou le *pied*, porte une petite échancrure, ou gouttière, que le fondeur y fait pour enlever les inégalités produites par la *rupture du jet* et lui donner de l'aplomb. Le *dessous* de la lettre, la partie où le pouce se pose quand on la tient pour la lire, est toujours marqué d'une entaille ou *cran* qui en désigne le sens. Le *dessus* est le côté opposé et ne porte aucune marque. Les deux côtés plats se nomme la *frotterie*, à cause de l'opération qu'on leur fait subir dans les ateliers de la fonderie.

La matière dont sont formés les caractères d'imprimerie est un alliage de plomb et de régule d'antimoine; dans certains cas on y ajoute de l'étain, du cuivre, etc.

La *force de corps* détermine la grosseur du caractère; elle se prend du dessus au *dessous* de la lettre, et varie selon que l'œil a besoin d'être plus petit ou plus gros. Les dimensions, ainsi que toutes les propor-

(1) Voir, dans le *Dictionnaire des arts et manufactures*, les excellents articles de M. Laboulaye, *Imprimerie, Fonderie en caractères*, auxquels nous avons fait divers emprunts pour la partie technique et historique de ce sujet intéressant.

tions typographiques s'évaluent en *points*. Les forces de corps les plus courantes pour les caractères de *labeur* varient depuis 4 jusqu'à 12 points; celles qui dépassent cette dernière proportion sont pour les caractères d'affiche ou de fantaisie (1).

Le *point* qui sert de mesure typographique, est la sixième partie de la ligne du pied-de-roi, ou deux points géométriques ancienne mesure (2).

Du mode de composition et de tirage qui constitue l'*impression typographique* on déduit facilement les conditions auxquelles doit satisfaire la fabrication des caractères, et qui ne sont pas, comme on pourra s'en convaincre, sans présenter dans la pratique de grandes difficultés.

La première condition doit être, naturellement, que l'*œil* de la lettre représente avec pureté la forme voulue, et que son relief soit suffisant pour qu'elle laisse seule son empreinte sur le papier;

La seconde, que tous les caractères avec lesquels on compose une page aient une dimension constante, celle dans le sens de la longueur de la lettre ou *force de corps*, de même que celle de l'épaisseur des tiges; enfin, que les quatre faces soient parallèles et parfaitement d'équerre entre elles;

La troisième, que la hauteur de toutes les lettres soit bien identiquement la même; car s'il y avait des inégalités, quelques-unes perceraient le papier à l'impression, tandis que d'autres ne marqueraient pas.

Ces conditions, qu'il est nécessaire de remplir avec une rigoureuse exactitude, doivent faire apprécier la difficulté que présente la fonderie des caractères pour les obtenir rapidement à des prix très-peu élevés, comme cela est indispensable pour des produits de cette nature dont l'emploi est si considérable, et qui ont besoin d'être souvent renouvelés.

Avant de donner la description détaillée de l'intéressante machine à

(1) Pendant longtemps les caractères d'imprimerie se faisaient en deux parties, l'œil et le pied ou support; l'œil, qui est la lettre proprement dite se fondait séparément et se fixait sur un morceau de bois de dimension convenable; mais comme il faut laver fréquemment les *formes d'imprimerie*, qui sont formées par l'assemblage de ces lettres dans un cadre, il résultait du contact du bois avec l'eau des variations telles, que l'on a été obligé d'abandonner ce moyen. Pour le remplacer, on a imaginé des lettres à pont qui, utiles surtout pour les gros caractères que la fonderie en plein du corps rendrait très-lourds, présentent encore des inconvénients. Le pont ne peut pas toujours soutenir, sans se briser, les fortes pressions nécessaires pour l'impression, et leur réglage présente des difficultés qui exigent une *mise en train* inutile pour les lettres en métal.

(2) Cette mesure de convention, le *point*, est due à *Fournier jeune*, habile typographe, dont il nous reste deux ouvrages très-appréciés : 1° *Manuel typographique*. Paris, 1764-66, 2 vol. in-8°, fig.; 2° *Traité historique et critique sur l'origine et les progrès de l'imprimerie*, Paris 1764. Malgré diverses tentatives pour substituer le système métrique au point Fournier, on se sert toujours de ce dernier, faute de pouvoir établir un rapport précis entre les anciennes et les nouvelles mesures.

M. Foucher, représentée planche 40, nous la ferons précéder d'un aperçu historique, après avoir décrit le système de *moule à main,* tel qu'il a été employé pendant longtemps, et dont on fait encore usage pour la fonte de certains caractères spéciaux, et aussi dans les petits établissements non encore pourvus de machines à fondre.

MOULE A MAIN

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1 A 4 DE LA PL. 40.

Le moule est composé de deux parties semblables que l'on désigne sous le nom de pièce du dessous et de pièce du dessus ; la fig. 1 représente la pièce du *dessous* vue intérieurement; la fig. 2 est une vue correspondante de la pièce du *dessus;* la fig. 3 montre les deux pièces réunies, et suivant une section faite transversalement par le milieu du jet; la fig. 4 est une section horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2 de la fig. 2.

Chaque partie est composée d'une pièce principale, la *platine* A, A', sur laquelle s'assemblent toutes les autres pièces appartenant à chacune d'elles. Chaque platine est recouverte par un bloc de bois B, B', qui empêche l'échauffement du métal de se communiquer aux mains de l'ouvrier, et auquel elle est retenue par un goujon et un écrou moleté *a*, *a'* (fig. 3) encastré dans l'épaisseur dudit bloc.

Sur toute la longueur de chacune des deux platines, s'étend la *longue pièce b*, *b'*, dont les deux faces, bien dressées et bien parallèles, ont la même hauteur que celle de la lettre, moins la saillie de l'œil; à l'extrémité existe une entaille *c*, *c'* bien parallèle à ses faces, appelée *fourchette,* qui reçoit une partie saillante *d*, *d'* (fig. 4) nommée *la potence*, traversant perpendiculairement le *blanc* et la longue pièce pour se fixer à la platine par un écrou. La potence sert à conduire les deux parties du moule l'une par l'autre, pour qu'elles glissent l'une sur l'autre en ligne droite.

Le *blanc* est une pièce plate *e*, *e'*, de même hauteur que la longue pièce sur laquelle elle est fixée, et qu'elle recouvre sur la moitié de sa surface, du côté opposé à la fourchette; elle est fixée par deux vis et par la potence. Le bord intérieur du blanc est dressé parfaitement d'équerre avec ses faces, et son épaisseur détermine précisément celle de corps de caractère pour la fonte duquel le moule doit servir.

Chaque pièce du moule présentant une forme semblable et inversement d'équerre, laisse entre elles, lorsqu'elles sont appliquées l'une sur l'autre, un vide central d'une dimension qui peut être variable, mais égale d'une extrémité à l'autre du blanc dans le sens de la hauteur.

Ainsi, en fixant une matrice à une extrémité et en faisant remplir le vide par le métal, on obtient les lettres pour lesquelles la force de corps

est toujours identique et l'épaisseur constante dans toute la hauteur de la lettre. C'est en faisant varier l'épaisseur du blanc de chaque matrice et l'espace qui reste entre eux pour la coulée que l'on peut faire toutes les lettres appartenant aux différents points typographiques.

Le *jet*, qui sert à introduire le métal, forme, lorsque le moule est fermé, un entonnoir carré *f* se réduisant vers la longue pièce, au tiers du corps de la lettre, et suffisamment large du haut pour l'introduction du métal. Il s'applique par une face sur la longue pièce et le blanc, et est retenu sur la platine par une vis et un écrou.

On interpose entre le jet et les longues pièces de petites *hausses* en fer *g*, *g'*, destinées à donner au caractère la hauteur exacte; elles adhèrent par la pression du jet et par de petites saillies qu'on détermine dans la hausse en frappant avec un poinçon, et qui entrent dans des trous percés dans la longue pièce. En mettant entre la hausse et celle-ci de petits clinquants laminés, on obtient avec facilité la hauteur voulue.

La longue pièce *b'* est percée, environ au tiers de sa hauteur, d'un petit trou qui sert à recevoir l'extrémité repliée d'équerre de *la saignée*, qui est une petite éminence *h* (fig. 2), longue et convexe au-dessus; l'autre extrémité de la saignée entre dans le blanc qui est évidé à cet effet, de même que le blanc de la pièce du dessus est évidé en *h'* (fig. 1), pour que la saignée puisse s'y loger. Celle-ci fait naître sur le corps le cran (fig. 15) qui sert à reconnaître le sens de la lettre.

Pour maintenir la matrice *i* à la place convenable dans le sens de son épaisseur au-dessous du jet, chaque pièce du moule est munie d'un *registre* ou équerre *j*, *j'*, retenu par une vis et un écrou *i'*; la vis tient à la longue pièce par un assemblage à queue d'hironde. Le registre n'est fixé que par la pression de l'écrou; on le fait avancer ou reculer, au besoin, par de petits coups de marteau.

La position de la matrice dans le sens de sa longueur est réglée par le *heurtoir*, qui est une grosse vis *k* tournant dans un écrou faisant partie de la platine. Cet écrou est refendu par un trait de scie d'un côté, ce qui permet, au moyen de la vis *k'* placée à son extrémité (fig. 1), de serrer plus ou moins le coussinet, lequel retient le heurtoir qui, ne pouvant alors se desserrer, peut résister à la poussée de la matrice qu'il sert à mettre en ligne.

Au bas de la pièce du dessous est appliqué l'*archet* C, fil de fer dont le dessin ne montre que les deux extrémités, formant un arc oblong, attaché d'un bout dans le bois A et engagé du bout opposé dans une échancrure (fig. 3) pratiquée à cet effet sous la matrice.

Cet archet a une double courbure pour faire doublement ressort : une courbure du haut en bas pour appliquer la matrice sur le heurtoir, et une courbure horizontale pour la maintenir contre les longues pièces, afin d'éviter le passage de la matière et des variations dans la hauteur de la lettre moulée.

Pour maintenir la matrice quand on ouvre le moule, la pièce du dessous est munie du *jobet* et du *gimblet*.

Le premier est un petit fil de fer *l* (fig. 3), plié en équerre d'un bout et tourné en rond de l'autre, pour entourer une vis lui servant de point d'attache et qui, à cet effet, est fixée dans le bois.

Le gimblet est un fil de fer *m*, fixé dans l'entaille du bois; on fait passer entre ce fil et le bois un morceau de peau nommé *attache*, lié d'un bout à la matrice par un fil, et collé de l'autre avec de la salive sur le bois. Le gimblet empêche l'écart de l'attache quand on ouvre le moule, et celle-ci est utile en ce que, retenant alors la matrice, elle n'empêche pas de déchausser la lettre qui est dans le moule, c'est-à-dire par un coup de pouce donné à l'extrémité de la matrice, d'en faire sortir l'œil de la lettre, pendant que celle-ci est retenue dans le moule. Pour cela on se sert de l'un des crochets D, D' fixés dans ce but à chaque bois.

MANŒUVRE DU MOULE. — L'ouvrier se place debout devant le fourneau où la matière est tenue en fusion (1); de la main gauche, il tient le moule, le pouce dessus, les autres doigts dessous, en ayant soin que ce soit l'extrémité du pouce qui pose vers le milieu du moule. Celui-ci est alors tenu fermé au-dessus des blancs, tandis que si on le tenait par le bord, on pourrait risque de le faire ouvrir quand les pièces seraient quelque peu arrondies, et on fondrait des lettres trop fortes.

Tenant ainsi le moule de la main gauche, le jet en l'air, il prend avec la droite une cuiller qu'il remplit de métal et vient l'appliquer contre l'orifice du jet, puis il retire un peu la main gauche pendant qu'il fait tomber la matière en tournant la cuiller; enfin relevant brusquement le moule, le métal en fusion vient choquer la matrice et entre dans les parties les plus fines.

Sans ce mouvement précipité, il tendrait à se former en goutte, prendrait mal l'empreinte et souvent n'arriverait pas jusqu'à la matrice, et pourrait se figer en touchant le fer peu échauffé.

La lettre étant immédiatement solidifiée, on ôte l'archet qui presse sur le talon de la matrice, on appuie le pouce de la main droite sur l'extrémité supérieure de celle-ci, ce qui le fait basculer, et on déchausse la lettre, c'est-à-dire que l'on fait sortir l'œil de la lettre en creux gravée dans la matrice; on ouvre alors le moule comme si une charnière unissait les deux pièces, puis au moyen du crochet fixé au bois du moule, on fait tomber la lettre en la poussant par le jet.

On referme ensuite le moule en engageant d'abord la fourchette de la pièce du dessus dans la potence de la pièce du dessous, on place l'ar-

(1) Le fourneau des fondeurs en caractères consiste dans un bâti circulaire en brique qui supporte un creuset en fonte contenant le métal et divisé en six compartiments, ce qui permet à chaque ouvrier d'employer l'alliage le plus convenable à son genre de travail; la largeur est d'environ 50 à 60 centimètres.

chet sur le talon de la matrice en appuyant un peu dessus et on recommence la fonte d'une autre lettre.

Malgré le nombre d'opérations nécessaires pour fondre une lettre, l'ouvrier peut mettre une grande rapidité à exécuter ces diverses opérations qui se présentent toujours dans le même ordre. C'est en allant pour ainsi dire en mesure qu'il va plus vite, en même temps que par un balancement du corps, il se trouve amené à prendre et à replacer la cuiller.

Un bon ouvrier peut arriver en moyenne à fondre de quatre et jusqu'à cinq mille lettres par jour.

M. Laboulaye, dans l'article : *Fonderie de caractères,* de son Dictionnaire des arts et manufactures, donne aussi la description d'un moule à main américain, dit *lewer-mould* (1), qui, suivant lui, permet d'obtenir un travail plus parfait, en même temps qu'une plus grande célérité dans les opérations; il diffère du précédent principalement par les registres, l'archet et la manière de déchausser.

Les registres fixés à demeure par deux vis servent à guider les longues pièces qui glissent entre eux et de petites pattes placées en face, lesquelles suppriment ainsi les potences et les fourchettes.

Le registre de la pièce du dessus est terminé à sa partie inférieure par une équerre sur laquelle porte le talon de la matrice. L'archet est un fort ressort en acier qui, tenant à la pièce du dessus maintient toujours la matrice appuyée sur l'équerre dont il vient d'être question. Celle-ci ne peut avoir qu'un petit mouvement de bascule déterminé par le mécanisme suivant : du bois de la pièce du dessus sort une touche que l'on saisit quand on entr'ouvre le moule; cette touche fait mouvoir un levier coudé se terminant vers le bas du registre, lequel fait incliner l'extrémité d'une barre mobile autour d'un point fixé sur ce registre, et qui est terminé à son extrémité supérieure par une partie carrée dans laquelle passe une petite vis qui touche le haut de la matrice.

A l'aide de ce moule, la fonte se réduit à entre-bâiller les deux pièces; par ce mouvement, la touche fait sortir de la matrice l'œil de la lettre, et celle-ci, dont l'adhérence avec le moule très-bien poli est très-faible, sort par une petite secousse en avant, imprimée au moule.

En laissant retomber la pièce du dessous, le moule se ferme et est disposé de nouveau pour recevoir la matière.

APERÇU HISTORIQUE DES MACHINES A FONDRE LES CARACTÈRES.

Le moule à main, comme nous venons de le voir, sauf les perfectionnements indiqués, est resté en principe presque le même que celui

(1) M. Segnaux, à Paris, a pris un brevet d'importation pour ce moule, le 16 août 1822. Il est publié dans le vol. XV des *Brevets expirés.*

employé à l'origine de l'imprimerie; il peut du reste donner, avec des soins convenables, une fabrication parfaite; aussi c'est plutôt pour fabriquer plus économiquement que pour obtenir une plus grande perfection dans les produits que de nombreux efforts ont été faits dans le but de substituer au moulage à la main, la fonderie mécanique.

Le premier essai tenté dans cette voie paraît dater de 1805; M. Henri Didot, le 1er mars de cette année, prit un brevet *pour une machine* propre à fondre des caractères d'imprimerie (1), laquelle était composée d'un moule en deux pièces, l'une fixe et l'autre mobile, sur un établi surmonté d'un *mouton*, que l'ouvrier au moyen d'une pédale, laissait tomber sur le moule, puis soulevait pour le dégager. Le choc du mouton n'avait pas pour but de *frapper* la lettre, mais seulement de refouler le métal en fusion à l'intérieur du moule, entre les deux cavités et de le lancer avec force contre la matrice, disposition qui a pour but, comme on le voit, d'obtenir avec beaucoup plus d'énergie l'effet que l'ouvrier fondeur produit par la secousse qu'il donne au moule.

M. Henri Didot modifia cette première machine, et, sur le même principe de refoulement par choc du métal à l'intérieur du moule, prit un nouveau brevet le 26 octobre 1813 (2).

Dans cette seconde machine, la partie principale du moule est une longue pièce de fer parfaitement plate, dans laquelle sont faites, au moyen d'une machine à raboter, dont le brevet donne le dessin et la description, des entailles ayant toutes la même largeur, qui est égale à la force du corps du caractère qu'on veut fondre; à l'extrémité de ces entailles est fixée une équerre qui reçoit les matrices, et une plaque de recouvrement s'applique avant le clichage sur le peigne qui ferme le moule.

Au milieu de cette plaque se trouve un espace dans lequel on verse la matière, qui par là reçoit le choc d'un levier à contre-poids destiné à chasser fortement la matière à droite et à gauche pour remplir les cases laissées entre les deux moules. Après la fonte le peigne est retiré parallèlement au sens des lettres moulées, puis on enlève le tout.

Comme dans ce procédé on fait un grand nombre de lettres en même temps, on lui donna le nom de « *fonderie polyamatype.* »

Après de longues années de tâtonnements infructueux et d'énormes dépenses, M. Henri Didot parvint à un succès réel sous le rapport de la modicité du prix auquel il put livrer ses produits, mais sous celui de la parfaite exécution l'avantage resta au moule à main.

En 1815, M. Firmin Didot prit un brevet d'importation (3) pour un système dont le caractère distinctif était l'emploi *d'un piston qui injecte la matière dans le moule* avec le degré de force qu'on juge convenable de donner selon la difficulté de la lettre que l'on veut fondre. De plus, dans cette machine, les différentes pièces des moules étaient disposées pour se mouvoir automatiquement sous l'impulsion d'un arbre moteur; sa grande complication, comme on peut en juger par un modèle qui se trouve au Conservatoire impérial des arts et métiers,

(1) Ce brevet est publié avec figures dans le vol. VI des *Brevets expirés.*

(2) Publié vol. XVII des *Brevets expirés.*

(3) Ce brevet est publié dans le vol. XXI des *Brevets expirés.*

la firent abandonner. On revint plus tard à ce système qui, bien perfectionné à la vérité, est celui, comme nous le verrons bientôt, sur lequel sont basées les machines en usage actuellement.

MM. Ledoux et Hérhan, à Paris, prirent un brevet en 1827 (1) pour des procédés complets de fonte en caractères qui comprenaient 1° une filière préparatoire; 2° une filière mécanique; 3° une machine à frapper les matrices; 4° une machine à ramer; 5° un moule à fondre. La pièce principale de ce dernier est un porte-matrice d'acier fondu garni d'un grand nombre de rainures (60 à 70 par exemple pour corps petit romain) où sont placées les matrices en cuivre, lesquelles ne doivent pas occuper toute la longueur des rainures afin de laisser l'espace convenable pour recevoir la matière propre à fondre les caractères.

Le porte-matrice est recouvert par une plaque de cuivre ajustée à queue d'aronde, de façon à pouvoir la faire glisser pour l'ouverture et la fermeture du moule, à l'aide d'une vis de rappel. Cette plaque est munie d'un godet garni d'argent dans le but de conserver la matière en fusion. Le recouvrement de ce godet et l'envoi de la matière s'effectuent par une bascule chassée à main d'homme.

On voit que dans ce système le but était de fondre à la fois un assez grand nombre de caractères, comme le faisaient à cette époque les successeurs de M. Henri Didot, MM. Marcellin, Legrand, Plassan et Ce, qui, en 1829, prirent un brevet (2) pour des perfectionnements à la *fonderie polyamatype*, consistant à mieux assujettir la pièce de recouvrement des réglettes du moule, laquelle présentait l'inconvénient de se pencher et de rendre le corps des lettres plus fort en tête qu'en pied; et d'empêcher que l'air ne s'introduisît dans le moule lors de la chute du mouton destiné à chasser la matière, et cela en appliquant des ventouses dans le recouvrement des moules des *dessus des réglettes*, lesquelles correspondent à chaque lettre et qui, sans changer sa hauteur ni son épaisseur, permettent à l'air de s'échapper au moment où la matière en fusion, chassée par la pression du mouton, s'introduit dans le moule.

M. Tarbé, à Paris, s'est fait breveter en 1835 (3) pour un système de fonderie dans lequel l'usage du moule à main était conservé, avec quelques modifications de détail qui devaient en rendre la manœuvre plus facile et plus prompte, mais dont le caractère distinctif était la disposition d'un fourneau à couloir et à réservoir supérieur, permettant de chasser la matière avec pression à l'intérieur du moule. L'ouvrier présentait celui-ci devant l'un des orifices dont le couloir était muni et, en ouvrant un robinet, la lettre se formait par la force de projection de la matière. Le choc, ou ce qu'on appelle *le coup*, qui demande une grande habileté de la part du fondeur, s'obtenait ainsi mécaniquement.

M. Terzuolo, à Paris, a pris un brevet en 1838 (4) pour un moule à cases multiples permettant la fonte de dix ou quinze lettres simultanément. Ce moule était relié par deux bras à un axe mobile sur un double support, et muni d'un levier à poignée. L'ouvrier ayant opéré la coulée du métal dans le jet à l'aide d'une cuiller, saisissait de la main gauche ce levier et, appuyant dessus

(1) Publié vol. XLVI des *Brevets expirés*.
(2) Publié vol. XXVIII des *Brevets expirés*.
(3) Ce brevet est publié dans le vol. XXXVI des *Brevets expirés*.
(4) Ce brevet est publié dans le vol. XLV des *Brevets expirés*.

par un mouvement rapide, soulevait le moule; le choc qui en résultait forçait la matière à descendre dans les matrices et l'air à s'échapper.

L'ouvrier abandonnant ensuite le levier, le poids du moule le ramenait promptement au-dessous du point de départ, en venant heurter contre un tampon destiné à amortir le coup.

L'usure assez prompte des caractères sous les presses, par suite de l'emploi d'une composition métallique peu résistante, et que l'on est obligé de laisser telle pour obtenir la fluidité nécessaire à sa pénétration dans les cavités aiguës de la matrice du moule, a fait chercher des procédés mécaniques pour obtenir par estampage des caractères d'imprimerie en métal dur résistant à la pression. Parmi les inventeurs qui ont essayé d'atteindre ce but, nous citerons M. E. Grimpé, à Paris, qui s'est fait breveter le 25 août 1838 (1) pour une série de machines destinées à façonner les caractères typographiques, en fer ou acier trempé ou non trempé, en estampant le corps dans des filières et en frappant l'œil de la lettre au marteau.

Un essai du même genre a été fait par M. Ablitzer, à Paris, qui s'est fait breveter le 5 août 1843 (2) pour une machine alimentée d'un fil de fer ou de cuivre, coupé de longueur par une sorte de cisaille et frappé par un poinçon en empreinte formant l'œil de la lettre. Les dispositions mécaniques et le mode d'action de cette machine sont presque semblables à ceux des appareils en usage pour la fabrication des clous.

Suivant le même ordre d'idées, M. Petyt prit en France successivement deux brevets, le premier le 11 mars 1845, le second le 9 septembre 1852 (3). Les deux machines décrites dans ces brevets, quoique mieux étudiées et nous paraissant plus complètes que les précédentes, n'ont pas permis jusqu'ici, que nous sachions, de substituer aux caractères fondus, ceux obtenus par voie d'estampage ou de frappage. Ces derniers manquent le plus souvent de netteté dans les reliefs, ou si elle est obtenue, c'est aux dépens du parallélisme du corps; car les pressions faites isolément produisent un dérangement nuisible dans les molécules du métal; l'épâtement ou l'irrégularité s'ensuit et le caractère ne présente plus la précision nécessaire pour obtenir une bonne impression.

M. Feuillet, à Paris, dans une demande de brevet d'invention en date du 12 septembre 1839 (4), rappelle les méthodes essayées pour accélérer le moulage en fondant à la fois un grand nombre de caractères dans un moule allongé, et dans lequel la matière en fusion coule dans tous les moules partiels.

Son système consiste à imiter mécaniquement le mouleur à la main, en ne fondant qu'une pièce à la fois, mais en disposant la machine de manière à obtenir un nombre quelconque de caractères par la multiplication des moules. C'est par l'application du *mouvement de rotation* imprimé aux moules, du reste construits comme ceux ordinaires, qu'il propose d'effectuer d'une manière continue les diverses opérations qui constituent le moulage. Deux moules, par exemple, munis de soupapes, sont montés sur un même arbre horizontal

(1) Publié dans le tome LXXXII des *Brevets expirés*.

(2) Publié dans le tome LXXXI des *Brevets expirés*.

(3) L'une de ces machines est décrite dans le vol. III et l'autre dans le vol. XXIX des *Brevets pris sous le régime de la loi de 1844*.

(4) Publié dans le tome LXXXIV des *Brevets expirés*.

animé d'un mouvement de rotation intermittent. A chaque demi-tour de cet arbre un moule se présente et la matière en fusion passe par le trou de la soupape et tombe perpendiculairement dans l'entonnoir du moule ; la chute de la matière et un mouvement ascensionnel communiqué au moule à cet instant, force celle-ci à pénétrer dans l'œil de la lettre. Le moule continue son mouvement et se renverse lorsqu'il est passé du côté opposé à la chaudière, là il rencontre une pièce qui l'ouvre et une autre qui détache la lettre.

Sous ce titre : Machine perfectionnée pour la fonte des caractères à imprimer appelée *machine type*, M. Jumel, à Paris, prit un brevet le 27 août 1844 (1). On retrouve dans cette machine le système importé par M. Firmin Didot en 1815, celui *du piston qui injecte la matière dans le moule*, quant aux dispositions de ce dernier et des organes accessoires qui effectuent les mouvements nécessaires pour l'ouvrir, le fermer et chasser la lettre moulée, bien qu'ils soient différents de la première machine, ils présentent dans leur ensemble des complications qui doivent le rendre aussi peu susceptible de donner de bons résultats.

Une autre invention d'un caractère vraiment original, brevetée aux noms de MM. Gallien et Armengaud jeune, à Paris, le 17 décembre 1844 (2), mais qui n'a pas donné le résultat que l'inventeur, M. Gallien, en attendait, consistait dans les moyens d'obtenir, par une seule opération, le caractère frappé, composé et mis en ligne. Ces moyens résidaient : 1° dans l'emploi d'un mouton circulaire, portant à sa circonférence toutes les matrices qui peuvent servir dans une composition ordinaire, lequel mouton était animé d'un mouvement rotatif et d'un mouvement rectiligne alternatif; 2° dans l'emploi de réglettes ou lignes rectangulaires en alliage métallique, sur lesquelles le mouton frappait, en relief, une à une toutes les lettres de la copie; 3° dans l'emploi d'une scie circulaire qui fend le caractère dans une partie de sa hauteur, de façon qu'il ne soit pas complétement détaché de celui qui le suit et de celui qui le précède; 4° Dans l'emploi d'un disque, ou régulateur portant toutes les lettres et signes gravés à la circonférence du mouton.

De tous ces systèmes, avons-nous dit, il n'est resté que celui importé par M. F. Didot, dans lequel une pompe plongeant dans la matière en fusion, injecte le métal dans l'intérieur du moule.

En Amérique, en 1835 ou 1836, M. White, de Boston, faisait usage, paraît-il (3), d'une machine de ce système, laquelle exploitée en secret et sur une grande échelle, lui procura de grands bénéfices.

La première machine qui arriva en Europe fut celle de M. Brandt, qui l'importa de Philadelphie, et qui, en Allemagne, eut un succès réel malgré quelques défectuosités que présentaient les caractères, comparés à ceux obtenus par les procédés manuels.

Plus tard une autre machine fut importée en France par M. Stewart, et acquise par MM. Laboulaye, qui, après quelques perfectionnements en firent un bon instrument permettant d'obtenir, avec une économie de 75 p. 100 sur la main-d'œuvre, 20,000 bonnes lettres par jour, à l'aide d'un seul ouvrier.

(1) Publié vol. XCIII des *Brevets expirés*.

(2) Publié dans le tome II des *Brevets* pris sous le régime de la loi de 1844.

(3) Complément au *Dictionnaire des arts et manufactures*, par M. Laboulaye, article *Fonderie en caractères*.

Parmi les efforts tentés en France pour atteindre le même but, nous citerons d'abord la machine à pompe foulante et à deux moules de M. Méat, à Paris, breveté le 9 juin 1846, et dont nous avons donné un dessin exact dans le tome VI du *Génie industriel;*

Puis la machine de M. Foucher, mécanicien à Paris, pour laquelle il prit un premier brevet le 1er décembre 1853, et un second le 21 novembre 1860. Cette machine perfectionnée, que l'inventeur, par son talent et sa persévérance a su rendre tout à fait pratique, est représentée dans tous ses détails pl. 40 ; et nous en donnons plus loin une description détaillée.

Nous devons encore mentionner, comme s'étant occupés d'une manière sérieuse de cette importante industrie, MM. Mélin et Constance, mécaniciens à Paris, brevetés le 26 juin 1856, pour une *machine à fondre et finir complétement les caractères d'imprimerie.* Cette machine présentait les particularités distinctives suivantes : 1° fonte du caractère par voie d'injection horizontale dans un moule placé lui-même dans cette position et découvert; 2° Polissage des forces de corps au moyen d'un mécanisme agissant dans des coulisses horizontales, complétement découvertes, et évitant le grippage ordinaire dans ces sortes de machines, tout en permettant aux pièces du moule de se refroidir plus promptement ; 3° combinaison nouvelle pour le polissage des faces du corps ; 4° dispositions particulières d'un moule propre à fondre les caractères penchés dits caractères anglais, pouvant se substituer sans modification dans les mécanismes de la machine au moule ordinaire ; 5° enfin combinaison d'un fourneau à fondre la matière à deux réservoirs étagés permettant d'obtenir un degré constant de chaleur dans le bain alimentaire où puise la pompe d'injection.

A l'Exposition universelle de 1855, à Paris, M. J. R. Johnson, de Londres, avait envoyé une machine (1), qui permettait de fondre les caractères, dit le Rapporteur au nom du jury des récompenses, avec une parfaite exactitude (2). Le moule se compose, ajoute-t-il, de quatre parties en acier, dont deux sont fixes et deux mobiles. Les deux parties fixes sont placées à une certaine distance l'une de l'autre, de manière que l'écartement soit égal au corps du caractère à fondre ; les parties mobiles sont le fond du moule et la partie supérieure ou le couvercle. La distance qui sépare ces deux parties correspond à la ligne ou à l'épaisseur de la lettre. La machine, étant mise en mouvement, fait rapprocher la matrice pour former le fond du moule, et alors la pompe qui se trouve dans le vase contenant la matière fondue pousse celle-ci, qui bientôt se trouve enfermée par un petit tiroir; alors le caractère est fondu et se refroidit presque instantanément; la matrice se retire en ligne droite, le couvercle glisse sur les parties fixes du moule, qui de cette sorte s'ouvre ; le fond s'élève alors avec le caractère et quand le couvercle glisse de nouveau pour fermer le moule, le caractère se trouve poussé de côté, tandis que, par le mouvement de différents excentriques courbes, le fond mobile se baisse jusqu'au registre, et l'opération recommence.

(1) M. Johnson prit en France successivement deux brevets pour cette machine, l'un le 20 mai 1853 et l'autre le 20 décembre de la même année.

(2) Rapport du jury mixte international de 1855, publié sous la direction de S. A. I. le prince Napoléon.

A la dernière exposition universelle qui a eu lieu à Londres, en 1862, figuraient deux machines à fondre les caractères, l'une de M. Besley, et l'autre de MM. Johnson et Atkinson (1). Cette dernière présentait un avantage sur celle envoyée en France en 1855 par son inventeur : elle pouvait effectuer mécaniquement toutes les opérations que les caractères d'imprimerie subissent habituellement à la main, c'est-à-dire, la fonte, la rupture du jet, le frottage, le coupage du cran au pied, l'ajustage pour hauteur, le dégagement de l'œil, l'apprêt et la composition des caractères sur leurs côtés apprêtés.

Cette machine en forme réellement deux montées sur le même bâti et reliées l'une à l'autre par un *conduit alimentaire;* de la machine à fondre proprement dite, laquelle diffère peu de celle dont nous avons parlé plus haut, les caractères séparés de leur jet passent automatiquement par ce conduit à la *finisseuse.* Là les caractères se présentent devant deux outils qui agissent horizontalement pour raboter leurs faces afin d'apprêter les frotteries; sur la même ligne que ces deux outils se trouvent ceux destinés à couper le cran au pied, et lisser sa surface pour en ajuster la hauteur. Les caractères passent ainsi devant une série d'outils sans jamais revenir sur eux-mêmes, et se dirigent vers le composteur placé à la suite, où ils se rangent sous l'impulsion des mouvements qui effectuent leur dressage.

Un autre inventeur, M. Vanderborght, à Bruxelles, qui s'est fait breveter en France le 21 mars 1857, s'est attaché, comme MM. Johnson et Atkinson, mais avec moins de succès, croyons-nous, à combiner une machine effectuant toutes les opérations amenant l'entier achèvement des caractères. Dans la machine de M. Vanderborght, les mouvements se produisent dans l'ordre suivant: 1° la coulée; 2° la matrice se retire du moule ; 3° la pièce couvrant le moule et tenant le chasse-type du frottoir, se lève pour livrer passage à la lettre pendant sa sortie du moule; 4° la lettre est chassée du moule jusqu'à l'entrée du frottoir et du couteau au jet, au moyen d'une pièce fonctionnant à l'intérieur du moule et à côté de laquelle elle s'était formée ; 5° la pièce ou chasse-type du frottoir descend pour recouvrir le moule et pousser la lettre à travers le frottoir et le couteau au jet, jusqu'à l'endroit du coupoir-apprêteur-composeur; 6° le chasse-type de ce dernier, lequel fonctionne horizontalement, pousse la lettre à travers le coupoir et la fait passer sur le composteur. Pendant le mouvement précédent, la matrice s'est rejointe au moule pour recommencer la série des opérations qui viennent d'être énumérées.

Nous arrêtons ici cet examen, croyant n'avoir laissé échapper aucun des principaux systèmes proposés jusqu'ici pour obtenir mécaniquement les caractères d'imprimerie; nous ajouterons seulement à la fin de cet article, pour le compléter, la liste de tous les brevets pris en France concernant cette industrie.

La machine à fondre de M. Foucher que nous allons décrire en détail, et qui fonctionne maintenant dans un grand nombre d'établissements, donne d'excellents produits, ainsi que nous avons pu nous en convaincre.

(1) MM. Johnson et Atkinson ont pris en France deux brevets pour cette dernière machine, l'un le 13 décembre 1860, et l'autre le 16 août 1862.

et dans de très-bonnes conditions économiques, quoiqu'elle n'achève pas la lettre, comme l'ont essayé les inventeurs des dernières machines que nous venons d'examiner. Du reste, on est en droit de se demander s'il est bien important de compliquer outre mesure une machine qui exige déjà une grande précision, et accomplit une série d'opérations, assez multiples, lorsque par le travail manuel le prix de ces façons de finissage ne s'élève guère à plus de 10 centimes le mille de lettres.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A FONDRE LES CARACTÈRES

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 5 A 14 DE LA PL. 40.

La fig. 5 représente cette machine en section transversale faite par l'axe du creuset et du moule, suivant la ligne 1-2 du plan;

La fig. 6 en est un plan vu en dessus;

La fig. 7, une vue de face en élévation;

La fig. 8 est une section horizontale, faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 7, montrant la disposition de l'arbre à cammes et des leviers commandés par ces dernières.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/8 de l'exécution.

Les fig. 9, 10 et 11 représentent en élévation, de face, de côté et en plan vu en dessus, à une échelle double des figures précédentes, la partie de la machine qui porte le moule et la matrice.

Les fig. 12, 13, 14 sont des détails du moule proprement dit.

Dispositions principales de la machine. — Le bâti se compose d'un châssis évidé rectangulaire en fonte A, qui supporte une table de même métal A' sur laquelle sont disposées toutes les pièces de la machine.

D'abord c'est le creuset B, disposé au-dessus du fourneau B', lequel est fixé sur le cadre en fonte *b*, qui peut glisser librement dans des coulisses *b'* (fig. 7) rapportées sous la table A', de telle sorte qu'avec ce cadre le fourneau et son creuset peuvent être avancés ou reculés facilement, au moyen de la vis de rappel *c* (fig. 5) engagée dans l'écrou *c'* fixé au dit cadre.

A cet effet la vis *c*, prisonnière dans le support *a* fondu avec la table, reçoit la manivelle C que l'on manœuvre à la main, et qui est munie à son extrémité d'un poids c^2 dont le but est, quand le creuset est rapproché du moule, de maintenir le nez par lequel le métal est injecté, en pression, par un contact intime, sur l'orifice du jet.

Comme d'ordinaire, le moule est composé de plusieurs pièces fixes et mobiles, qui sont ajustées sur un petit bâti en fonte D fixé sur la table au moyen de quatre vis. Devant l'orifice du moule est placée la matrice supportée par une pièce mobile E, appelée porte-matrice.

Sous la table est établi l'arbre moteur F, qui tourne dans les coussinets de deux paliers *f* fondus avec elle. Cet arbre est garni à une extré-

mité de la manivelle F′, qui sert à la faire mouvoir à la main, et de l'autre, d'un volant F^2 qui régularise le mouvement.

C'est entre les deux supports *f*, sur l'arbre F, que sont disposées les quatre cammes qui donnent le mouvement à toutes les pièces mobiles de la machine.

La camme G, figurée en pointillé sur la fig. 1, commande le piston de la petite pompe qui injecte le métal en fusion; la camme H et celle H′ font opérer la division des différentes parties du moule, pour le démoulage de la lettre; et enfin la camme I, a pour but de déplacer la matrice lorsque cela est nécessaire.

Du moule. — Le moule proprement dit, représenté en détail fig. 9, 10 et 11, est formé par la réunion de deux pièces fixes, et de trois pièces mobiles. L'une d'elles J est rapportée sur le bâti D, et porte à sa partie supérieure une petite plaque d'acier *j* (fig. 12 et 13) qui ferme l'un des côtés du moule. L'autre J′ porte aussi une petite plaque d'acier *j′* dont la longueur correspond à celle des caractères à fondre.

La pièce J′ peut à volonté se rapprocher ou s'éloigner de celle J, suivant l'épaisseur que l'on veut donner au caractère, et cela au moyen de la vis de rappel j^2 (fig. 7, 9 et 11), prisonnière dans l'équerre en fer D′ rapportée au bâti D.

Sur le côté de chacune des plaques *j* et *j′* (fig. 14) sont fixées deux petites pièces mobiles *k* et *k′* qui déterminent la formation du jet, et que l'on peut rapprocher ou éloigner l'une de l'autre à chaque changement de corps de lettres.

Les deux faces longitudinales du moule ainsi formées par les plaques *j* et *j′*, l'une faisant partie de son support fixe J, et l'autre du support mobile J′, qui donne la facilité de faire varier, comme nous venons de le voir, l'écartement des deux plaques et par suite de les régler par rapport à la force de corps des caractères que l'on désire fondre, est fermé en dessus par la pièce mobile L qui peut glisser librement et à frottement doux sur le support fixe J, guidé par les petites plaques *l*.

Pour maintenir cette pièce glissante, un fort boulon K la traverse, se fixe au support J, et porte à sa partie supérieure un ressort à deux branches M muni de galets, dont on règle la tension au moyen de l'écrou à oreille K′, vissé à la partie supérieure du boulon K.

Cette pièce mobile L se prolonge en dehors de la pièce fixe J, pour recevoir la commande du levier H^2, engagé dans une ouverture pratiquée à son extrémité.

Le dessous du moule est fermé par une plaque verticale *n* (fig. 12 et 13), de la largeur du corps de la lettre laquelle est ajustée bien exactement dans l'espace libre laissé entre les deux pièces fixes *j* et *j′*; cette plaque de dessous, comme celle de dessus, est mobile et fixée, à cet effet, à l'extrémité d'une pièce plate N (fig. 9), qui traverse le bâti D, pour recevoir la commande de l'arbre à cammes, et qui est munie à sa

partie supérieure d'un talon destiné à venir buter sur une vis de réglage n', qui limite l'extrémité inférieure de sa course.

La plaque n est munie d'une petite rainure qui s'engage dans une saillie correspondante appelée *saignée*, ménagée à la pièce j' laquelle détermine, sur le corps de la lettre, le cran qui en indique le sens.

Ce qui forme le fond du moule, c'est la matrice elle-même, laquelle se compose, comme on sait, d'un petit prisme en cuivre rouge o (fig. 14) sur l'une des faces duquel est gravée la lettre à reproduire.

Cette matrice est fixée sur le porte-matrice E, qui la fait avancer sur le moule et l'en fait reculer pour le démoulage de la lettre.

PORTE-MATRICE. — Celui-ci est composé de plusieurs petites pièces dont l'ensemble est mobile, afin de déterminer l'éloignement et le rapprochement de la matrice de la partie postérieure du moule; sa partie principale est un petit bâti E, muni d'un coulisseau triangulaire qui glisse dans une rainure pratiquée sur le côté de la queue saillante J^2 fondue avec la pièce fixe J.

Comme la pièce glissante L, celle E est maintenue en contact avec sa coulisse au moyen d'un ressort méplat M', muni de galets, et dont on peut régler la tension à volonté au moyen d'un écrou à oreilles.

La matrice o repose sur une petite plaque en fer o' (fig. 9 et 10), terminée par une tige cylindrique o^2, qui traverse le bâti E et est entourée d'un ressort à boudin destiné à maintenir la plaque o', et par suite la matrice, constamment dans la même position verticale par rapport au moule.

Pour pouvoir régler avec une grande exactitude, comme cela est indispensable, la place que doit occuper la matrice sur le moule, plusieurs vis sont disposées latéralement et au-dessus; ainsi sa hauteur se règle au moyen de la petite vis de rappel p (fig. 11) qui traverse la plaque o' dans laquelle elle est taraudée, et fait pression sur le bâti E; et la position horizontale est déterminée au moyen de la vis de réglage p', taraudée dans le côté de la plaque o', et exerçant son action directement sur le bout de la matrice o. Ces deux vis sont tenues immobiles dans leur position respective par le serrage des petites vis de pression q et q'.

Pour maintenir la matrice appuyée sur le fond du moule, M. Foucher a appliqué un système de rotule très-simple, qui permet de la retirer facilement, soit pour la nettoyer, soit pour la remplacer par une autre; il est composé de l'équerre en laiton r, qui recouvre la partie postérieure de la matrice, et reçoit la pression de la tige inclinée en fil d'acier r', dont la tête sphérique est logée dans une petite cavité pratiquée à l'extrémité d'une portée cylindrique ajustée dans la poupée Q; celle-ci est fondue avec le bâti E, et est garnie intérieurement d'un fort ressort qui agit pour repousser la portée à rotule et, par suite, au moyen de la tige inclinée r', la matrice o, qui se trouve ainsi maintenue en pression contre l'orifice du moule.

Pour la dégager, il suffit de détruire l'action du ressort, en tirant sur le bouton Q'; la tige r' s'éloigne de l'équerre r qui retient la matrice, et celle-ci peut alors s'enlever facilement pour être remplacée.

Creuset et son fourneau. — Le fourneau B' (fig. 5) est une sorte de boîte en fonte, dont le fond est muni de barreaux de grille, pour recevoir le combustible que l'on introduit par une ouverture en forme de trémie fermée par la porte inclinée B^2. Le couvercle de ce fourneau n'est autre que le creuset B qui, engagé d'une certaine quantité dans la partie supérieure, laisse latéralement entre lui et le bord extérieur un espace annulaire pour le passage des produits de la combustion, qui se dégagent par la cheminée R.

A l'intérieur du creuset est ajusté le petit corps de pompe *t* dans lequel se meut le piston *t'*, destiné à refouler la matière dans le moule. Cette pompe est sans clapet d'aspiration ni de refoulement. Sur son diamètre est seulement pratiquée une petite ouverture (voyez fig. 5) par laquelle s'introduit le métal lorsque le piston *t'* est en haut de sa course; lorsqu'il redescend, cette ouverture se trouve bouchée et le métal est refoulé par un orifice incliné *m*, qui se termine par un nez rapporté, disposé pour se présenter bien exactement à la hauteur du jet pratiqué à l'entrée du moule.

Pour ménager les contacts entre le nez du creuset et les parties mobiles du moule, le constructeur interpose entre eux une petite plaque d'acier *s*, percée d'un trou que le métal en fusion doit traverser pour se rendre dans le moule.

Afin que la fonte de la lettre se produise sans soufflure, et que le métal soit bien compact, il faut que la pompe fournisse un peu plus que la lettre ne consomme; d'un autre côté, pour qu'il n'y ait pas engorgement, le piston *t'* n'est pas ajusté bien exactement, ce qui laisse entre lui et le corps de la pompe un petit espace annulaire par lequel s'échappe l'excédant du métal.

Dans quelques fonderies de caractères, et notamment, comme nous l'avons vu, chez M. Claye, le creuset est chauffé au gaz. Ce mode de chauffage n'aurait pas d'avantage s'il ne permettait pas d'ajouter un bec spécial pour chauffer le nez par lequel le métal en fusion est introduit dans le moule, ce qui donne la facilité de le faire plus long sans crainte que le métal se refroidisse dans son intérieur avant d'arriver au jet; la longueur plus grande du nez en permettant l'éloignement du creuset a pour conséquence finale que la chaleur qui se dégage de celui-ci ne peut se communiquer au moule, et qu'alors celui-ci, ne s'échauffant plus par cette cause, peut fonctionner beaucoup plus longtemps.

Quelquefois, en effet, surtout quand le fourneau est très-rapproché, le moule s'échauffe tellement au contact du métal en fusion, que celui-ci ne peut se refroidir assez vite et qu'il faut arrêter la machine et attendre le refroidissement du moule.

Commande des pièces mobiles. — A chaque révolution de l'arbre à cammes, toutes les opérations qui contribuent à la formation de la lettre doivent se produire. Ces opérations sont : *fermeture du moule, projection du métal en fusion, ouverture du moule, enfin dégagement de la matrice.*

L'ouverture du moule est produite au moyen des cammes H et H′ qui actionnent, l'une le levier *h*, l'autre le levier *h′*, munis tous deux de galets en acier *i*. Le levier *h*, articulé sous la table A′, dans le support de la vis de rappel du châssis *b* portant le fourneau et son creuset, est muni à son extrémité d'une vis de réglage *i′* (fig. 5 et 8) qui vient buter sous l'extrémité inférieure de la pièce verticale N, sur laquelle est fixée la plaque *n* formant le dessous du moule.

La partie inférieure de cette pièce N est entaillée pour recevoir la tête recourbée du levier N′ (voyez fig. 9), relié par son autre extrémité au second levier horizontal N^2, ayant son point fixe pris sur le bâti (fig. 7), lequel est rappelé constamment par un ressort à boudin n^2, dont la mission consiste alors à maintenir abaissée la plaque verticale *n* dans la position indiquée fig. 12.

La camme H′, destinée à faire reculer en temps opportun le porte-matrice et sa matrice, exerce son action sur le galet du levier *h′*, qui traverse la table, oscille dans deux oreilles ménagées au bâti D, et s'engage dans une petite entaille faite sous la partie inférieure du porte-matrice E (fig. 9 et 10); celui-ci est alors obligé de suivre tous les mouvements imprimés au levier *h′*, par la camme H′ contre laquelle il est constamment rappelé par le ressort à boudin i^2. La matrice *o* reste ainsi appuyée contre le fond du moule, tout le temps que le galet du levier *h′* ne se trouve pas soulevé par la saillie de la camme.

La troisième camme I a pour mission d'ouvrir, à l'instant voulu, la pièce du dessus L du moule ; à cet effet elle agit par côté sur le galet du levier H^2 qui, comme celui *h′*, traverse la table A, prend son point fixe entre deux oreilles fondues avec le bâti D, et s'engage dans une ouverture pratiquée dans ladite pièce L. Un ressort h^2 est attaché d'un bout à son extrémité inférieure et de l'autre au bâti, afin de ramener constamment le galet du levier en contact avec la camme, en maintenant la pièce mobile L dans sa position quand son action a cessé.

C'est naturellement lorsque le moule est complétement fermé que la projection du métal en fusion doit avoir lieu.

Pendant que les cammes H, H′, I, sont dans des positions telles qu'elles laissent les ressorts n^2, i^2, h^2 agir sur les leviers correspondants, de façon à maintenir le moule fermé, la camme G, dont la forme est celle d'une développante de cercle, soulève le levier G′ (fig. 8), lequel a son point fixe sur le bâti, et son extrémité opposée reliée à un fort ressort à boudin *g*, dont on peut faire varier la tension en modifiant la position de son point d'attache. Ce levier G′ est relié par la bielle verticale *g′* au

second levier horizontal G^2 monté à la partie supérieure, et dont l'articulation se trouve sur une oreille fondue avec le creuset.

A ce levier G^2 est attachée la chape verticale g^2 qui relie l'extrémité du piston t' de la pompe foulante.

Ce piston, pendant le mouvement ascendant du levier G', s'est trouvé soulevé et le métal du creuset a pu s'introduire dans le corps de pompe par l'ouverture latérale ménagée à cet effet; mais arrivée à fin de course, la camme G présente un creux qui laisse descendre brusquement le levier G' sollicité par son ressort g; de sorte que le piston de la pompe, précipité vers le bas de sa course, envoie rapidement dans le moule la quantité de métal nécessaire à la formation de la lettre.

Marche de la machine. — La machine étant disposée comme nous venons de le décrire, et le métal maintenu au degré convenable à sa bonne liquéfaction, si on suppose que la lettre vient d'être moulée par l'introduction du métal en fusion, voici comment s'effectue la marche des opérations :

L'arbre à cammes continuant à se mouvoir, la camme I agit la première et fait reculer la matrice o, afin de démouler l'œil de la lettre: aussitôt après, la camme H' agissant, comme nous l'avons vu, sur la pièce mobile L, fait découvrir le dessus du moule, et la lettre moulée est mise à nu de ce côté. Puis la camme H vient agir à son tour sur la plaque verticale n, et force cette dernière à se relever en repoussant la lettre moulée jusqu'au-dessus de l'orifice supérieur du moule, position que nous avons représentée fig. 13.

Le mouvement se continuant, la pièce mobile L reprend sa position en repoussant de côté la lettre formée ; la plaque n descend à nouveau pour former le fond du moule, à cet instant, la matrice se rapproche et vient s'appliquer sur l'orifice du moule qui se trouve ainsi fermé. Cette position est représentée sur la fig. 12.

C'est alors que la camme G laisse échapper le levier G', lequel, sous l'action de son ressort, lance la matière dans le moule.

La même série d'opérations se renouvelle constamment et d'une manière continue, en produisant une lettre à chaque tour de manivelle.

Les lettres ainsi formées sont repoussées les unes par les autres dans une petite gorge ménagée sur la pièce J', d'où elles tombent dans une petite rigole en cuivre u (fig. 6) qui les conduit, soit sur la table même de la machine, soit dans un récipient convenablement disposé.

PRODUCTION ET PRIX DE LA MACHINE.

En faisant usage du moule à main un ouvrier habile ne peut produire, comme nous l'avons déjà dit, que 4 à 5,000 lettres dans une journée de dix heures de travail effectif, avec la machine de M. Foucher, sans

qu'un long apprentissage lui soit nécessaire, un ouvrier peut aisément fondre 2,000 lettres par heure, soit alors

20,000 lettres par journée de 10 heures.

Avec les jeux de lames correspondant aux numéros des points typographiques les plus usuels, 5 à 12, le prix de cette machine est de 1,200 francs.

COMPOSITION DU MÉTAL. — Chaque fondeur en caractères possède sa recette au plutôt modifie à son gré, suivant son expérience, la destination de ses produits ou son intérêt les alliages du métal dont il fait usage et dont, dans tous les cas, le plomb forme la base.

Voici un très-bon alliage dont M. Claye, l'honorable et habile imprimeur de la *Publication industrielle* depuis sa création, fait usage dans sa fonderie :

Métaux neufs.			Fonte de caractères.		
Plomb. . . .	55	parties.	Vieille fonte. .	74	parties.
Régule. . . .	30	»	Régule. . . .	14	»
Étain.. . . .	15	»	Étain.. . . .	12	»
	100	parties.		100	parties.

OPÉRATIONS QUI SUIVENT LA FONTE DE LA LETTRE.

Les lettres en sortant du moule doivent subir, comme on l'a vu plus haut lorsque nous avons parlé de la machine de MM. Johnson et Alkinson, une série d'opérations pour être achevées et propres à être livrées aux compositeurs. Ces opérations s'exécutent de la manière que nous allons indiquer et dans l'ordre suivant :

1° Cassage du jet ou *romperie*. Ce travail très-simple peut se faire par une femme ou un enfant. Il suffit d'avoir la précaution de tenir la lettre entre les doigts près du pied et de manière que la force de corps soit verticale.

2° Le polissage ou *frotterie* est une opération aussi simple que la précédente ; la lettre étant rompue, il suffit de la frotter sur une meule bien dressée de grès ou d'émeri, afin de la débarrasser des petites aspérités qui se trouvent sur les deux côtés par lesquels elle s'assemble avec les autres lettres entrant dans la composition des mots. Pour s'assurer que les lettres sont bien d'égale épaisseur dans toute l'étendue de la tige, on en range une centaine les unes à côté des autres sur une règle à talon, appelée *composteur*.

Si les tiges sont égales, la dernière est parallèle à la première, dans le cas contraire elle a plus d'épaisseur vers l'œil de la lettre ou vers le pied ; par cet *essai de frotterie* l'ouvrière se rend compte si elle doit appuyer davantage sur l'un ou sur l'autre côté de la tige.

3° La *composition*, qui consiste dans le rangement après frotterie d'un certain nombre de lettres en ligne droite sur une règle en bois à talon, toutes

ayant le cran du même côté. Cette opération n'a aucune influence sur la confection de la lettre, mais elle est nécessaire pour les opérations qui suivent, en ce qu'elle permet d'agir simultanément dans ces derniers sur un assez grand nombre de lettres à la fois.

4° Le jet étant rompu, il reste encore une petite saillie, par suite du recouvrement des deux pièces du moule formant le jet, qui empêcherait le pied de la lettre de poser bien à plat; on enlève cette saillie en faisant à la place une *gouttière*, en même temps que l'on dresse les deux côtés en coupant de longueur. Cette double opération s'effectue à l'aide d'un rabot de forme convenable que l'on fait agir d'un seul coup sur toutes les lettres qui se trouvent sur le composteur; celui-ci étant maintenu entre les mâchoires du *coupoir*.

Cet instrument n'est autre qu'une sorte d'étau dont les mâchoires, d'une grande largeur, sont parfaitement dressées et disposées pour que l'une puisse se mouvoir bien parallèlement par rapport à l'autre qui est fixe. Entre ces deux mâchoires se place le *justifieur*, qui est une règle en fer dressée parfaitement d'équerre avec les bords verticaux des mâchoires, et munie à chaque extrémité d'un talon; l'un est fixe et l'autre mobile au moyen d'une vis de rappel, dite *vis de frotterie*. C'est entre ces deux talons que l'on place la rangée de lettres que contient le composteur pour leur faire subir l'action du rabot; elles y sont parfaitement maintenues pendant ce travail par le serrage de la *vis de frotterie* d'une part et par la *vis de corps* d'autre part, au moyen de laquelle les mâchoires de l'étau sont rapprochées.

5° Le coupage en longueur et gouttière, qui constitue la 4ᵉ opération, devrait suffire pour obtenir la *hauteur-type* du caractère, mais quelquefois la hauteur du moule s'est dérangée, on s'en assure, et si l'on juge que cela est nécessaire on enlève l'excédant de hauteur à l'aide d'un rabot portant un fer plat.

6° On fait encore au coupoir une autre opération qui consiste à enlever la partie supérieure de la lettre qui n'est pas occupée par l'œil pour *dégager* celui-ci. A cet effet, on renverse les lettres au moyen du composteur, et on les replace sur le justifieur de façon que l'œil se trouve en haut; on monte ensuite sur le rabot des fers, dont le tranchant est oblique et qui sont placés l'un à droite et l'autre à gauche, et on enlève l'excédant du métal qui encombre la lettre, en faisant mordre le rabot de la quantité convenable.

Enfin les imprimeurs demandent souvent qu'on ajoute des crans à celui du moule, afin de distinguer des fontes de même force de corps qui se trouvent dans leur imprimerie. On les pratique aux endroits convenables au moyen de fers portant des saillies latérales, qui correspondent aux crans voulus et qu'on monte sur rabots.

7° *L'apprêt* est la dernière façon à donner aux caractères; il a pour but principal de réparer les petites inégalités qui peuvent exister sur la force de corps des diverses sortes d'un même caractère fondu sur plusieurs moules, et de corriger les variations qu'éprouve chaque moule par l'effet de la dilatation et de l'usure; comme aussi de rejeter toutes les lettres défectueuses, les *mauvaises d'œil*, les *épaisses*, les *fortes de corps* et les *hors lignes*.

Les lettres qui ont ces défauts étant retirées, le caractère est en état d'être livré à l'imprimeur. On en forme, à cet effet, des pages de dimensions égales, qu'on serre avec une ficelle et qu'on enveloppe de papier.

LISTE DES BREVETS PRIS EN FRANCE

DE 1791 A 1864.

POUR LES MACHINES DESTINÉES A LA FABRICATION DES CARACTÈRES D'IMPRIMERIE.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
Henri Didot......	Machine propre à fondre toutes sortes de caractères d'imprimerie......	1er mars 1805.
Henri Didot......	Moyen de graver et fondre les caractères d'écritures ronde, bâtarde, coulée et anglaise, suivant un nouveau procédé................	16 mai 1805.
Henri Didot......	Moule à refouloir propre à la fonte par multiplication des petits et gros caractères, vignettes et tous autres objets qui entrent dans la fonderie de l'imprimerie..................	26 octobre 1813.
Firmin Didot......	Moules, fourneaux, ustensiles, instruments et procédés propres à la fonte des caractères...	29 novembre 1815.
Firmin Didot.....	Moule à caractère d'imprimerie....	7 mai 1816.
Ségnaux..........	Moule propre à fondre les caractères	16 août 1822.
Marcellin, Legrand, Plassan et Ce..........	Fonte des caractères d'imprimerie par le procédé polyamatype de Henri Didot...........	25 avril 1829.
Ledoux et Herhan.	Procédé de fonte des caractères d'imprimerie	30 mai 1827.
Ledoux	Changements apportés au moule destiné à fondre d'un seul jet un grand nombre de caractères d'imprimerie......................	13 février 1835.
Petitbon	Nouveau moule mécanique appliqué à la fonte des caractères et vignettes en cuivre principalement employés par les relieurs.........	4 août 1835.
Tarbé............	Procédé perfectionné propre à la fonte des caractères d'imprimerie........................	11 décembre 1835.
Grimpé..........	Procédés mécaniques destinés à la fabrication des caractères d'imprimerie................	25 août 1838.
Trotolo.........	Moule propre aux caractères d'imprimerie.....	29 septembre 1838.
Feuillet..........	Machine à fondre les caractères...............	12 décembre 1839.
Goupil...........	Disposition des pieds ou supports fondus avec les caractères typographiques ou rapportés à l'aide d'un moule perfectionné....	27 décembre 1841.
Villacrose, Lagrange (marquis de) et Gronon...	Procédés de fabrication des caractères en relief	24 janvier 1842.
Amitzer.........	Mode de fabrication des caractères typographiques...................................	5 août 1843.
Juhel..............	Machine destinée à la fabrication des caractères d'imprimerie, dite *machine-type*...........	27 août 1844.
Gallien et Armengaud jeune.....	Machine dite *coptotype Gallien*, pour fabriquer le caractère d'imprimerie et composer simultanément................................	24 février 1845.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
PETIT............	Mécanique propre à former les caractères......	11 mars 1845.
PETIT............	Machine propre à produire à froid les caractères typographiques en relief et en creux........	10 mars 1846.
TATTÉ............	Procédés et appareils propres à la fonte des caractères d'imprimerie, appareil dit *fondeur mécanique*..............................	28 mai 1846.
MEAT.............	Machine propre à fondre les caractères........	9 juin 1846.
GAUTHIER.........	Système de fonderie des caractères...........	19 novembre 1846.
COLSON...........	Moule d'un nouveau genre pour la fonte des caractères d'imprimerie....................	25 novembre 1846.
HARANG et DEMOLLIENS...........	Caractères d'imprimerie.....................	9 février 1847.
GARDISSAL........	Machine dite le *fondeur des caractères ou types d'imprimerie à jet continu*.................	8 novembre 1847.
DE SAINT-JULLE, DE COLMONT et DUCLOUX...........	Fabrication des caractères d'imprimerie par compression..............................	26 décembre 1848.
D'ARDENNE........	Machine à fondre les caractères..............	19 mai 1849.
LESPINASSE........	Divers perfectionnements dans la fabrication des caractères d'imprimerie................	27 octobre 1849.
JUDE.............	Machine propre à la fabrication de types ou caractères d'imprimerie.....................	25 août 1852.
PETIT............	Machine perfectionnée pour frapper les caractères typographiques.....................	9 septembre 1852.
JOHNSON..........	Perfectionnements dans la fabrication des caractères ou surfaces saillantes pour l'imprimerie	20 mai 1853.
FOUCHER..........	Machine dite *machine Foucher,* servant à l'imprimerie et à la fonderie..................	1er décembre 1853.
JOHNSON..........	Perfectionnements apportés à la fabrication des caractères d'imprimerie...................	20 décembre 1853.
SIRASSE	Perfectionnements dans la fabrication des types, caractères, vignettes, ornements, etc., pour la typographie et la reliure....................	7 avril 1854.
DELAMOTHE et POIRIER de Saint-Charles.........	Machine à fondre les caractères, vignettes, ornements, etc., propres à l'imprimerie et autres usages.................................	16 octobre 1855.
FOUCHER..........	Machine à fabriquer les caractères...........	6 mai 1856.
MELIN et CONSTANCE	Machine à fondre et à finir complétement les vignettes et les caractères.................	28 juin 1856.
HOSTEINS.........	Mécanique destinée à la fabrication des caractères dite *mécanique Hosteins*..............	5 juillet 1856.
VANDERBORGHT	Système de machine à fondre et rompre les caractères d'imprimerie.....................	21 mars 1857.
LOGÉE, LAVAL et LECHEVREL........	Machine à fondre les caractères..............	27 mars 1857.
SCHAUB...........	Perfectionnements dans la fabrication des caractères d'imprimerie.....................	16 juillet 1857.
POIRSIN..........	Machine à former les caractères..............	10 août 1857.
LEVASSORT........	Perfectionnements apportés aux moules mécaniques servant à fondre les caractères.......	10 octobre 1857.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Dates.
EON et JACQUEMIN.	Moule pour la fonte des caractères............	15 octobre 1857.
ALAUZET..........	Perfectionnements apportés à la machine système Johnson, propre à fondre les caractères	31 décembre 1857.
SCHAUB...........	Perfectionnement dans la fabrication de certains genres de caractères, lettres et ornements en relief de tous genres......................	2 août 1858.
RENÉ et Cᵉ.......	Perfectionnements au moule propre à fondre les caractères d'imprimerie.................	15 octobre 1858.
COMBARIEU........	Myriatype ou fabrication mécanique des caractères d'imprimerie........................	23 février 1859.
GALLIEN..........	Machine à fabriquer les caractères............	16 avril 1859.
FOUCHER..........	Machine à fondre les caractères...............	21 novembre 1860.
JOHNSON et ATKINSON	Perfectionnements apportés à la fabrication mécanique des caractères.....................	18 décembre 1860.
BENIOWSKI........	Perfectionnements apportés dans la fabrication des caractères et casseaux.................	29 novembre 1861.
JOHNSON et ATKINSON	Perfectionnements dans la fabrication mécanique des caractères......................	16 août 1862.

NOTE RECTIFICATIVE

RELATIVE A L'ARTICLE DES MANÉGES DU VOL. XIV, PAGE 466.

Il s'est glissé dans cet article une erreur que nous tenons à rectifier.

En cherchant à établir les relations de vitesses entre les différents organes qui composent le manége anglais, à couronne fixe, nous avons supposé, pour faciliter le raisonnement, que cette couronne soit au contraire mobile, renversant ainsi les conditions de marche réelles. Mais cette inversion qui, dans la plupart des combinaisons d'engrenages, ne modifie en rien le résultat définitif cherché, rend ici ce résultat inexact.

Voici ce qui doit remplacer les calculs indiqués :

Au rapport simple 3,67, IL FAUT AJOUTER UNE UNITÉ, ce qui donne pour le multiplicateur total d'un tour des flèches d'attelage :

$$4{,}67 \times 4{,}85 = 22{,}65.$$

Et, pour 2,5 tours des flèches par minute, on a, d'après cela, pour la vitesse du dernier arbre :

$$2{,}5 \times 22{,}65 = 56^{t}6.$$

ERRATUM.

Page 293, ligne 6 du titre, *au lieu de :* PLANCHE 11, *lisez :* PLANCHE 25.

FIN DU TOME QUINZIÈME.

TABLE RAISONNÉE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME QUINZIÈME

DE LA PUBLICATION INDUSTRIELLE

I

II

III

V

VI

VII

1-



VIII

IX

X

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

AUTEURS, MÉCANICIENS, INGÉNIEURS ET MANUFACTURIERS

QUI ONT ÉTÉ CITÉS DANS CE VOLUME

Pour leurs Ouvrages, pour leurs Inventions, ou pour leurs Travaux



FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

PARIS. — J. CLAYE, IMPRIMEUR, RUE SAINT-BENOIT, 7.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

PARIS. — J. CLAYE, IMPRIMEUR

7, RUE SAINT-BENOIT.

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS PERFECTIONNÉS ET LES PLUS RÉCENTS

EMPLOYÉS

DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR

ARMENGAUD AINÉ

INGÉNIEUR, ANCIEN PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS
CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR
Membre honoraire de la Société philomathique de Bordeaux,
de la Société industrielle de Mulhouse, de la Société d'Encouragement, des Ingénieurs civils, etc.

Qui peut mettre un terme à la perfectibilité humaine?

TEXTE

TOME SEIZIÈME

Toute communication concernant la rédaction doit être adressée à l'auteur :

M. ARMENGAUD AÎNÉ
A PARIS
RUE SAINT-SÉBASTIEN, 45

Et tout ce qui concerne le service des abonnements et la vente des volumes à

M. A. MOREL
LIBRAIRE-ÉDITEUR
RUE BONAPARTE, 13

1866

MOTEURS A ACTION DIRECTE

POMPE A COMPRIMER L'AIR

ACTIONNÉE DIRECTEMENT PAR UNE MACHINE A VAPEUR

ET APPLIQUÉE AUX TRAVAUX SOUS-MARINS

Par MM. ERNEST GOUIN ET Cᵉ, constructeurs à Paris

(PLANCHE 1)

L'usage des cloches à plongeur, dans lesquelles on comprime de l'air au moyen d'une pompe pour refouler l'eau, et permettre, par suite, à un ouvrier de travailler à une grande profondeur sans se trouver immergé, est, comme on sait, déjà assez ancien. Nous avons donné un aperçu historique de ces appareils dans le vol. IV de ce Recueil.

Cette première et heureuse application de l'air comprimé aux travaux sous-marins a donné naissance à d'autres appareils des plus ingénieux qui ont permis d'entreprendre des travaux très-importants, et qui sans eux auraient probablement présenté des difficultés insurmontables : tels sont, par exemple, ceux relatifs au barrage du Nil, dirigés en 1849 par M. Mougel, ingénieur en chef des ponts et chaussées au service du vice-roi d'Égypte. On se rappelle que ces travaux ont été exécutés à l'aide des bateaux à grande cloche et *écluse à air* de M. Cavé, dont nous avons donné le dessin dans le vol. XV.

Comme nous l'avons dit dans l'exposé qui précède la description de ce système, c'est vers la même époque que M. le docteur Payerne proposa son *bateau sous-marin,* construit par M. Lemaître, et qui fut employé aux travaux des ports de Brest et de Cherbourg; puis enfin sont venus ces projets exécutés, dit-on, en Amérique, de chaloupes armées pouvant se diriger et même combattre sous l'eau à l'aide d'éperons, ou en attachant aux navires ennemis des bombes pour les faire sauter.

Sans nous arrêter à ces moyens destructeurs, qui ne sont mentionnés ici que pour mémoire, nous pouvons citer encore une des plus heu-

reuses et des plus importantes applications de l'air comprimé; c'est celle d'un ingénieur français, M. Triger, qui, en 1840, voulant atteindre au pied du coteau de la Loire les terrains anthraxifères qui se découvrent sous une alluvion de 20 mètres d'épaisseur, eut l'idée de creuser des puits en refoulant les eaux au lieu de les épuiser.

En 1845, M. Triger, dans une note présentée à l'Académie des sciences, proposa diverses applications de son procédé, et notamment pour les fondations des piles de ponts en rivières. Ce ne fut pourtant qu'en 1851 que cette méthode reçut, au moyen de colonnes de maçonnerie coulées dans des tubes en métal, une première application en Angleterre pour la reconstruction du pont de Rochester.

Depuis cette époque, ce système a été mis en usage avec des perfectionnements notables et successifs : pour le pont de Saltash, près Plymouth; sur le Theiss, en Autriche; sur la Saône, à Mâcon et à Lyon; plus récemment à Bordeaux, pour le viaduc de jonction du chemin de fer d'Orléans avec celui du Midi. Enfin, et tout dernièrement, pour le pont de Kehl sur le Rhin (1), et le pont d'Argenteuil sur la Seine.

La pompe que nous allons décrire a été construite pour ces dernières applications, c'est-à-dire pour refouler l'air à une, deux et trois atmosphères de pression dans la *chambre d'équilibre* ou cheminée à air, dans laquelle les ouvriers chargés du travail s'occupent à déchausser le pied des tubes sur leur pourtour, afin de permettre leur enfoncement graduel jusqu'à la roche ou au terrain solide sur lequel la pile, et par suite le pont lui-même, doivent reposer.

Pour le fonçage des caissons des piles du pont de Kehl, on fit usage, pour comprimer l'air, de cinq machines soufflantes, disposées de la manière suivante :

Sur un bateau, deux machines horizontales, de 16 chevaux chacune, construites par MM. Cail et Ce. Chacune d'elles avait les pistons du cylindre à vapeur et de la pompe à air, qui était à double effet, fixés sur la même tige, c'est-à-dire les deux cylindres dans le même axe et dans le prolongement l'un de l'autre.

Sur un autre bateau, deux machines, système Flaud, de 10 chevaux chacune, actionnant par courroie deux groupes composés de deux pompes verticales à simple effet.

Et enfin, sur un troisième bateau, une ancienne machine de 25 chevaux, à cylindres oscillants, sortant des ateliers de MM. Cavé, et actionnant, à l'aide d'une transmission de mouvement retardée par engrenages, un cylindre soufflant horizontal à double effet.

L'expérience a fait reconnaître la nécessité d'apporter quelques per-

(1) Dans le vol. XII de ce Recueil, d'après des communications de M. Vuigner à la Société des ingénieurs civils, nous avons donné deux articles sur les travaux de ce pont, et dans le vol. XXII du *Génie industriel*, un dessin et une description détaillée permettant de se rendre un compte très-exact du système de fondation mis en usage.

fectionnements et quelques modifications dans certaines dispositions de détails de ces appareils (1). D'abord, il a été indispensable de remplacer deux chambres à air en fonte, qui n'offraient pas assez de résistance pour une pression qui pouvait atteindre trois atmosphères; de fortes nervures ont été ménagées dans les nouvelles caisses, qui ont été essayées avec la presse hydraulique jusqu'à neuf atmosphères. Ces caisses ont été pourvues de soupapes de sûreté destinées à éviter les accidents, dans le cas où, par suite de la fermeture d'une vanne, il y aurait eu obstacle à l'écoulement de l'air envoyé par le cylindre soufflant.

Dans la machine de MM. Cail et Ce, les clapets, d'une longueur de 0^m^80 sur 0^m^30 de largeur, étaient formés de quatre plaques en caoutchouc de 0^m^03 d'épaisseur, et la caisse inférieure était toujours remplie d'eau. Ces dispositions permettaient à l'air de passer dans les caisses sans une trop forte compression, et en traversant le matelas d'eau, la température de l'air comprimé dans les caisses s'abaissait si notablement, qu'elle ne présentait qu'une différence insensible avec celle de l'air extérieur.

Pour arriver toutefois à ce résultat, il était nécessaire de renouveler aussi fréquemment que possible l'eau contenue dans les caisses à air, car la température de l'eau entourant les clapets et le cylindre soufflant s'élevait promptement à 40° et même à 50° centigrades, bien que l'air aspiré par les pompes fût pris à l'extérieur (2).

Les petites machines n'ont pu fonctionner convenablement au-dessus de deux atmosphères, par suite des rapports existant entre le cylindre à vapeur, dont le diamètre n'était que de 0^m^20, tandis que celui du cylindre soufflant était de 0^m^45; à trois atmosphères, le piston de ce dernier cylindre aurait donc eu à vaincre, en outre des frottements, une pression considérable. Aussi, au delà de deux atmosphères, des ruptures ont eu lieu dans les engrenages, les courroies de transmission se sont rompues, et des fuites se sont manifestées dans le foyer. D'un autre côté, le rapport entre la surface du clapet et celle du piston étant de 11 à 8, l'air sortant des cylindres soufflants atteignait promptement une température de 40° au moins, par suite de sa compression et de sa vitesse de sortie.

Dans la machine composée de deux cylindres à vapeur oscillants et d'un cylindre soufflant horizontal, celui-ci n'était muni que de simples clapets en cuir : ce cylindre s'échauffait tellement que les clapets étaient promptement brûlés et hors de service. On a obvié à cet inconvénient en ajoutant, d'abord, un deuxième tuyau de conduite pour marcher à double effet; et, pour compléter l'amélioration, on a entouré le cylindre souf-

(1) Nous trouvons ces renseignements dans l'ouvrage très-complet de MM. Vuigner et Fleur Saint-Denis, publié en 1861, lequel a pour titre : *Pont sur le Rhin à Kehl. — Détails sur les dispositions générales et d'exécution de cet ouvrage d'art.*

(2) Cette machine ayant primitivement fonctionné sans qu'on ait appliqué ce moyen de rafraîchir l'air, les clapets en caoutchouc, restés, pour ainsi dire, dans une eau à 45 degrés en moyenne, en marchant très-vite, ont été complétement détériorés.

flant d'une bâche, dans laquelle une pompe envoyait constamment de l'eau froide, l'eau chaude sortant par sa partie supérieure.

Dans la nouvelle pompe à comprimer l'air, représentée pl. 1, les constructeurs, MM. E. Gouin et Cᵉ, paraissent avoir tenu compte des divers inconvénients qui viennent d'être signalés, car, comme on le verra, toutes les précautions ont été prises pour y remédier.

DESCRIPTION DE POMPE A AIR ET DE SON MOTEUR

REPRÉSENTÉS PLANCHE 1.

Les fig. 1 et 2 sont deux sections verticales, faites perpendiculairement l'une à l'autre par l'axe des cylindres, pour montrer à l'intérieur cette machine de face et de côté.

La fig. 3 est une section horizontale, faite suivant la ligne 1-2 du cylindre à vapeur et de sa boîte de distribution.

La fig. 4 montre de face le clapet ou papillon, qui, ouvert, permet l'introduction de la vapeur dans la boîte de distribution.

La fig. 5 est une section verticale, suivant la ligne 3-4, du couvercle de la pompe à air muni des boîtes à clapets.

La fig. 6 est un plan ou section horizontale, suivant 5-6, de ce même couvercle monté sur le cylindre soufflant.

Moteur a vapeur. — Dans cette machine, le cylindre à vapeur A, le cylindre à air B et le bâti A′, qui opère leur réunion, sont fondus d'une seule pièce avec une large embase B′, permettant d'asseoir solidement et de boulonner tout l'appareil sur la plaque de fond de la bâche en fonte C.

La tige *d* est forgée d'une seule pièce avec le piston à vapeur D, et est reliée à la tige *e*, forgée avec le piston soufflant E, au moyen d'un assemblage intérieur à vis *d′*, comme on le voit fig. 1. A la hauteur de cet assemblage, la tige *d* est aussi filetée extérieurement pour recevoir la douille de la traverse en fer F, qui, outre ses deux bras *f* (fig. 1), servant de guides au moyen d'une coulisse ménagée dans les montants du bâti, est forgée avec deux autres bras *f′*, perpendiculaires aux premiers (fig. 2), lesquels reçoivent à leur extrémité les bielles en fer G et G′, qui relient cette traverse avec les deux volants régulateurs V et V′.

Ces deux volants, qui sont clavetés aux extrémités de l'arbre H supporté par deux larges paliers I fondus avec le couvercle du cylindre à vapeur, sont munis des deux boutons de manivelle *g* et *g′*, auxquels sont attachées les têtes supérieures des bielles, garnies, comme celles inférieures, de bagues en bronze en deux pièces.

Comme pour son application spéciale au fonçage des piles de pont tubulaires, cette machine doit produire un travail de compression d'air variable allant sans cesse en augmentant, jusqu'au moment où la pression atteint sa limite finale, c'est-à-dire jusqu'à ce que le tube soit arrivé à la profondeur maximum d'enfoncement dans le sol, le cylindre à

apeur doit être pourvu d'une détente variable permettant de régler à olonté la puissance de la machine.

MM. E. Gouin et Cᵉ ont, à cet effet, adopté la détente variable du sysème Meyer (1), qui se compose, comme on sait, de deux registres *h*, enus appliqués contre le tiroir de distribution *a* par des ressorts à bouins logés à l'intérieur de deux boîtes (fig. 1 et 3), dans lesquelles sont ncastrés des écrous en bronze, montés sur une vis *i*, à filets carrés inverement inclinés. Cette vis est traversée par la tige J, qui reçoit un petit ouvement de va-et-vient de l'arbre moteur H, par l'intermédiaire des eux excentriques *j*, calés sur cet arbre, de chaque côté de l'excentrique (fig. 2); ce dernier commande le tiroir *a* au moyen du collier en bronze , lequel est fondu avec un bras qui le relie à la tige K' de ce tiroir.

Ces excentriques sont accouplés par la douille en bronze *j'* reliant es extrémités des bras J' qui, fondus avec les colliers, sont guidés par une roche *l* fixée à des oreilles I', venues de fonte avec les chapeaux des aliers I de l'arbre moteur.

A cet effet, sur cette broche sont ajustés de petits coussinets en onze qui peuvent glisser librement dans des coulisses à bords dres-s, ménagées dans les branches verticales des leviers J' et K.

Les excentriques *j* et *k* sont en deux pièces réunies par les boulons écrous *l'*, afin de rendre possible leur assemblage sur les excentriues qui sont forgés avec l'arbre, et tournés avec des gorges pour onner plus de précision à l'ajustement des colliers.

Les deux tiges K' et J, des tiroirs de distribution et de détente, traersent les stuffing-box *m*, pourvus, ainsi que celui *m'* de la tige du iston à vapeur, de pièces d'arrêt à fourche *n* qui, fixées sur la boîte du resse-étoupe, empêchent les écrous de se desserrer.

On sait que c'est en faisant tourner la tige J du tiroir de détente, à roite ou à gauche, de façon à rapprocher ou à éloigner simultanément l'un de l'autre les deux registres *h* au moyen de la vis à pas inversé *i*, que l'on modifie à volonté l'entrée de la vapeur dans le cylindre; par ce fait que l'on avance ou que l'on retarde, en modifiant la position respective de ces registres, l'instant de la fermeture des orifices d'introduction du tiroir de distribution. C'est en agissant sur le petit volant L, qui est fixé à l'extrémité de la tige J, que l'on obtient ce résultat, et son moyeu est, en outre, muni d'une aiguille L' qui indique, au moyen de divisions gravées sur la douille de jonction *j'* des deux leviers J', le degré de détente de la vapeur dans le cylindre.

Celle-ci arrive du générateur par le tuyau M, monté sur une tubulure fondue avec le couvercle M' de la boîte de distribution, laquelle est munie d'un siége en bronze pour recevoir la valve d'émission N, et d'un presse-étoupe pour le passage de sa tige de commande.

(1) Voir, pour les détails de construction de cette détente, notre *Traité des moteurs à vapeur.*

Cette valve se manœuvre à l'aide du levier à mannette N' guidé par un secteur; on la tourne à droite ou à gauche pour découvrir ou fermer plus ou moins complétement les deux orifices par lesquels la vapeur pénètre dans la boîte de distribution.

Après que la vapeur a produit son action sur le piston, elle s'échappe par le conduit demi-circulaire *a'* fondu avec le cylindre A, et est dirigée, au moyen dn tuyau O, dans un réchauffeur d'eau d'alimentation ou dans la cheminée du générateur pour en activer le tirage.

Pompe a air. — La pompe à air est à double effet, et conséquemment est munie d'un double jeu de clapets d'aspiration et de refoulement, qui sont logés dans des chapelles *p* et *p'* venues de fonte avec le couvercle P du corps de pompe, muni, en outre, d'un presse-étoupe *b* pour le passage de la tige de traction *e* du piston à air E.

La chapelle de droite *p* (fig. 2, 5 et 6) reçoit le tuyau Q qui amène l'air ambiant sous les soupapes d'aspiration S et S', la première S établissant la communication avec le dessus du piston, comme l'indiquent les fig. 5 et 6, et la seconde S' avec le dessous, comme on le voit fig. 2.

La chapelle de gauche contient les deux soupapes de refoulement *s* et *s'*, dont l'une est en communication, comme celle des soupapes d'aspiration, avec le dessus du piston (fig. 5) et l'autre avec le dessous tandis que la tubulure qui termine cette deuxième chapelle est assemblée avec le tuyau Q', par lequel l'air aspiré se trouve refoulé dans la chambre d'équilibre de la pile tubulaire dont on effectue le fonçage. La communication a lieu entre la pompe et cette chambre au moyen d'un tuyau en caoutchouc R (fig. 1), assez épais pour résister à la pression, et que l'on engage par torsion sur le bout du tuyau en cuivre Q', garni à cet effet d'échancrure en pas de vis; puis, à l'aide d'un collier en fer *q*, en deux pièces, on serre le tout fortement au moyen de boulons et d'écrous.

Comme on le remarque, les deux tuyaux d'arrivée et de sortie de l'air, ainsi que les boîtes à clapets et le cylindre soufflant, se trouvent complétement baignés dans l'eau que contient la bâche C, laquelle doit être constamment renouvelée au moyen d'un tuyau alimentaire débouchant à sa partie inférieure, tandis que vers le haut elle est munie du tube de trop-plein *c*, qui laisse échapper l'eau dont la température s'est élevée au contact du corps de pompe et du tuyau de refoulement d'air.

Par son passage dans l'eau de la bâche, l'air se trouve débarrassé de a chaleur que la compression vient de lui faire éprouver, et arrive aux ouvriers qui travaillent à l'intérieur du tube à une température assez peu élevée pour qu'ils n'aient pas à en souffrir (1).

(1) M. François, attaché comme médecin aux travaux du pont de Kehl, ayant eu occasion d'étudier plus spécialement les effets de l'air comprimé sur les ouvriers pendant leur travail dans les caissons, a publié dans les *Annales d'hygiène et de médecine légale* un mémoire très-intéressant sur le résultat de ses observations.

Nous extrayons les suivantes: L'air comprimé manifeste son action d'une manière spéciale et à degrés différents sur les individus qui y sont soumis, et toujours selon le

TRAVAIL ET RENDEMENT DE LA POMPE

Comme nous l'avons dit, le piston de cette pompe doit refouler de l'air à une pression qui, au début de l'opération du fonçage, n'a besoin d'être qu'à une demi-atmosphère à peine au-dessus de l'air ambiant, mais qui, au fur et à mesure que les travaux s'exécutent à une plus grande profondeur, doit s'élever jusqu'à deux atmosphères. Il faut donc que la machine à vapeur, marchant alors au besoin sans détente, puisse satisfaire à cette dernière condition. Voyons si, en effet, ses dimensions lui permettent de produire le travail maximum exigé.

Voici d'abord les dimensions de la pompe à air :

Diamètre intérieur du cylindre.	$0^{m.}$ 300
Surface du piston.	$0^{mq.}$ 070685
Course dudit.	$0^{m.}$ 200
Volume engendré par coup simple.	$0^{mc.}$ 141372

En admettant la pression de 2 atmosphères effectives, le piston aura à exercer pour refouler l'air un effort correspondant à :

$$706{,}85 \times 1^{k.}0333 \times 2 = 1460 \text{ kilogrammes.}$$

Les dimensions principales du moteur à vapeur sont les suivantes :

Diamètre du piston.	0^{m} 200
Surface dudit.	$0^{mq.}$ 0380
Course.	0^{m} 200
Vitesse de l'arbre du volant par 1'. . .	100 tours
Vitesse moyenne du piston par seconde.	0^{m} 66

tempérament, la constitution et l'âge du sujet. L'âge le plus favorable est celui de dix-huit à trente-cinq ans; le tempérament le plus propice est le lymphatique; le tempérament qui sera le plus éprouvé sera le sanguin. Il est utile, avant d'entrer dans le milieu comprimé, de se munir de vêtements chauds, pour s'en couvrir lors de l'éclusement, afin d'éviter la transition trop brusque du chaud et du froid. La précaution de se bourrer les oreilles de coton est au moins inutile, si elle n'est nuisible.

L'éclusement doit se faire lentement, et sa durée doit être en raison directe de l'élévation de la pression. Après la sortie, il est toujours utile de faire des ablutions à l'eau froide et de se donner du mouvement.

L'air comprimé, à n'importe quel degré, ne change pas dans sa composition intime; les éléments en restent les mêmes et en proportions identiques. Des émanations humides, des principes empyreumatiques, produits par la combustion des bougies, se mêlent à l'air que respirent les ouvriers, et produisent des effets pathologiques qui ne dépendent pas de l'action de l'air comprimé. L'expérience a prouvé que les meilleurs remèdes à opposer aux douleurs, quelquefois intolérables, produites lors de l'éclusement, sont : les ablutions de l'eau froide, les ventouses sèches et scarifiées, les liniments anodins, opiacés, volatils, camphrés; les liniments belladonés ont rendu de très-grands services dans les douleurs exagérées.

La pression dans la chaudière étant de 6 atmosphères, et dans le cylindre de 5 atmosphères effectives sur le piston, on a :

$$0^{mq.}0380 \times 1^{k}\,0333 \times 5 = 1963 \text{ kilogrammes.}$$

Dans les conditions spéciales où se trouve cette machine, c'est-à-dire avec l'action directe de la puissance du piston à vapeur sur celui de la pompe à air, on peut très-bien admettre que les pertes d'effet utile résultant du frottement des tiges, pistons, tiroirs, clapets, etc., ne s'élèvent pas à plus de 25 pour 100 ; ce qui réduirait la puissance au travail réel de :

$$1963 \times 0,75 = 1472 \text{ kilogrammes.}$$

pression un peu plus que suffisante pour vaincre l'effort nécessaire au refoulement de l'air par le piston.

Si maintenant nous cherchons à évaluer la puissance effective en chevaux-vapeur en admettant la vitesse de 100 tours, nous trouvons pour le volume total de vapeur engendré en une minute par le piston :

$$0^{mq.}0\,380 \times 0^{m}200 \times 200 = 1^{mc.}520.$$

Par conséquent, en employant la vapeur à 5 atmosphères, on a :

$$1^{mc.}520 \times 1^{k}0333 \times 5 = 78530 \text{ kilogrammètres.}$$

Et, en ramenant cette évaluation à la seconde prise pour unité, on trouve que la force en chevaux est de :

$$\frac{78530}{60 \times 75} = 17^{ch.}\,45.$$

En réduisant, comme nous l'avons fait, cette puissance de 25 pour 100, pour les frottements, il reste :

$$17^{ch.}\,45 \times 0,75 = 12^{ch.}\,98$$

pour la puissance effective. Le volume d'air envoyé par minute par le piston compresseur étant de :

$$0^{mc.}141372 \times 2 \times 100 = 28^{mc.}274,$$

on a également pour le travail de la pompe à air :

$$\frac{28^{mc.}\,274 \times 1^{k}0333 \times 2}{60 \times 75} = 12^{ch.}\,96,$$

résistance à peu près égale au travail moteur, déduction faite, comme on l'a vu, de toutes les résistances passives. On voit donc que cette machine satisfait complétement à ses conditions d'établissement.

APPAREILS DE LEVAGE A CHAINE GALLE

PONT ROULANT

AVEC TREUIL MOBILE DE QUARANTE TONNES

EXÉCUTÉ POUR LE SERVICE DES ATELIERS DE LA MARINE IMPÉRIALE

A TOULON ET A INDRET

Par M. C. NEUSTADT, ingénieur à Paris

(PLANCHE 2)

Dans le tome XII de ce Recueil, nous avons fait connaître avec détails les principes sur lesquels reposent les divers appareils élévatoires à chaîne Galle de M. Neustadt. Il serait donc superflu de revenir ici sur ce sujet ; nous nous bornons à signaler le grand nombre et l'importance des applications faites de ce système par cet ingénieur depuis 1860.

Parmi les grands appareils élévatoires à chaîne Galle livrés à la marine impériale, aux chemins de fer, à l'industrie privée, en France et à l'étranger, nous citerons :

Un appareil élévatoire flottant de 20 tonnes, mû à vapeur, pour la société des docks de Marseille ;

Une grue à vapeur de 10 tonnes pour le bassin des entrepôts généraux de Saint-Ouen, près Paris ;

Une grue à vapeur de 6 tonnes avec une course de crochets de 40 mètres, pour desservir les ateliers de l'arsenal de Brest ;

Des grues de 25 à 30 tonnes, avec portée de 8 à 9 mètres, installées aux ports de Dieppe, d'Ostende et de Novotoherkask (Russie méridionale) ;

Quatre grues de 22 tonnes pour le service de la belle fonderie de l'arsenal maritime de Brest ;

Quatre grues roulantes à chariot, de 30 tonnes, pour le service des gares principales du réseau des chemins de fer d'Orléans ;

Enfin deux ponts roulants avec treuils de 40 tonnes, pour les ateliers et magasins des chaudières des arsenaux de Toulon et d'Indret.

Nous avons l'intention de publier successivement plusieurs de ces divers appareils. Nous commencerons aujourd'hui par le dernier des types mentionnés, qui offre dans ses dispositions générales comme dans sa construction des particularités remarquables à plus d'un titre.

Le pont roulant proprement dit, quoique d'une grande portée (près de 14 mètres), est à la fois très-léger et très-rigide en tous sens, et le treuil élévatoire présente, eu égard à sa grande puissance, un très-faible volume. Cette réduction si sensible dans les dimensions du treuil est due à l'application de la chaîne Galle, laquelle permet, ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, une notable diminution dans les engrenages et la longueur des arbres qui les portent; ici ces avantages sont précieux en ce que le petit volume du treuil permet de desservir la surface entière de l'atelier dont les murs se trouvent presque touchés par le crochet élévatoire.

On appréciera aisément toutes les bonnes dispositions de cet appareil en examinant le dessin, pl. 2, dont nous allons donner une description détaillée.

DESCRIPTION DU PONT ROULANT AVEC TREUIL MOBILE

REPRÉSENTÉ PLANCHE 2.

La fig. 1re est un plan général, vu en dessus, de l'appareil complet dessiné à l'échelle de 1/80 de l'exécution; on a enlevé le plancher vers les deux extrémités du tablier afin de laisser voir l'assemblage des poutrelles qui le supportent.

La fig. 2 est une élévation longitudinale correspondante à cette première figure, faite partie en section suivant la ligne brisée 1, 2, 3, 4.

La fig. 3 est une section transversale, à une échelle double des figures précédentes, passant à la fois par le mécanisme de translation du pont et par le milieu du treuil mobile.

Les fig. 4, 5 et 6, représentent de face, en section verticale suivant la ligne 5-6, et en plan vu en dessus, le treuil séparé du pont.

Les fig. 7, 8 et 9, montrent en détail, en élévation de face et de côté et en section horizontale, les assemblages des tôles du pont et des paliers des roues, qui lui permettent de se déplacer sur les rails longitudinaux établis sur les murs latéraux de l'atelier.

Pont roulant et son mouvement. — On sait que ce système de pont roulant se place à une hauteur suffisamment grande pour que toutes les manœuvres des pièces puissent se faire sans entraves. A cet effet on ménage, vers le haut de la halle, à 6, 8 ou 10 mètres au-dessus du niveau du sol, dans l'épaisseur des murs, un retrait sur lequel se fixent

deux longues pièces de bois parallèles a, destinées à recevoir les rails a', qui doivent guider le pont dans son déplacement, lequel doit pouvoir s'effectuer au besoin dans toute la longueur de l'atelier.

Dans ce but, il est monté sur quatre roues en fonte A et A′, munies de bandages en fer comme les roues des véhicules de chemins de fer; deux de ces roues sont à jante simple, et les deux autres A′ placées vis-à-vis, aux deux extrémités du pont, ont une jante double, c'est-à-dire qu'en sus de la largeur destinée à recevoir le bandage, les jantes sont fondues avec des rebords dentés pour engrener avec les deux petits pignons b (fig. 1, 7 à 9), fixés aux extrémités de l'arbre horizontal B qui règne sur toute la longueur du tablier du pont.

Cet arbre, vu sa grande longueur et pour obvier à sa flexion, qui produirait des frottements nuisibles dans les paliers, est en plusieurs pièces réunies par des manchons articulés; vers son milieu il est muni d'une roue d'angle C qui engrène avec le petit pignon c, destiné à lui communiquer un mouvement de rotation ralenti que les hommes de service lui transmettent de la manière suivante :

L'arbre horizontal au bout duquel est fixé le pignon c est muni à son autre extrémité d'une petite roue d'angle c', qui engrène avec une roue semblable d; l'arbre vertical de celle-ci traverse la colonnette en fonte D pour recevoir, à sa partie supérieure, la troisième roue d'angle d' commandée par le pignon e, lequel est claveté sur l'arbre muni des deux manivelles motrices E.

Les axes de ce mécanisme de transmission sont supportés par un bâti en fonte E′, solidement boulonné aux poutrelles en tôle, qui sont disposées pour présenter, comme on le voit fig. 1 et 3, un appendice formant saillie, lequel permet aux hommes de s'appliquer aux manivelles commodément et sans danger, parce que la balustrade en fer F, qui existe de chaque côté du pont, suit la forme du plancher saillant.

Les arbres en fer ou essieux sur lesquels les roues A et A′ sont clavetées tournent dans des boîtes à huile disposées à peu près comme celles des systèmes récents de wagons de chemin de fer (1), c'est-à-dire qu'elles sont pourvues comme elles de coussinets supérieurs en bronze, et que dessous se trouve un tampon de matières filamenteuses, maintenu en pression par un ressort à boudin (voy. fig. 8) et baignant dans l'huile du réservoir inférieur, de telle sorte que par la capillarité le liquide lubrifiant est amené aux fusées.

Les coussinets sont ajustés à l'intérieur des boîtes en fonte f (fig. 7 à 9), qui sont boulonnées sur les cloisons transversales F′, renforcées à ces endroits par plusieurs épaisseurs de forte tôle.

Ces cloisons sont reliées par des fers d'angle f' avec les deux poutres

(1) Dans le vol. XIII, nous avons donné le dessin des principaux systèmes de boîtes à huile appliquées aux véhicules des chemins de fer.

principales G et G' du milieu, et les deux poutrelles extrêmes H et H'.

Les premières sont réunies aux secondes par des traverses en tôle g (fig. 1), également distancées sur toute la longueur et étançonnées au moyen de fers à T g' disposés en diagonale. Sur ces traverses sont placés longitudinalement les madriers h, sur lesquels sont fixées, dans le sens transversal, les planches h' qui forment le double tablier sur lequel se tiennent les hommes chargés de la manœuvre.

Les deux poutres du milieu, en forme de double T, sont renforcées haut et bas par trois épaisseurs de forte tôle, et reçoivent en dessus les deux rails r destinés à recevoir le treuil qui élève la charge.

Du treuil et de son mouvement. — Le treuil repose, à l'aide des quatre galets I et I', sur les deux rails r qui, comme nous venons de le voir, sont fixés longitudinalement sur les deux maîtresses-poutres du pont. Deux de ces galets, ceux I', sont fondus avec des jantes plus épaisses qui sont dentées pour engrener avec les deux pignons i (fig. 5 et 6) fixés aux extrémités de l'arbre horizontal i'.

Cet arbre, et avec lui tous ceux sur lesquels sont montées les roues nécessaires au déplacement du treuil et à l'élévation du fardeau, tournent dans des paliers qui font partie des deux flasques en fonte J composant le bâti, et dont la forme, composée de courbes elliptiques à la fois rationnelles et élégantes, lui donne une grande résistance en même temps qu'un aspect des plus satisfaisants.

Les deux flasques de ce bâti sont reliées entre elles à la fois par les arbres des roues de la transmission, les deux essieux des galets de roulement, et par les trois entretoises J', j et j'.

Le mouvement de translation du treuil, sur toute la longueur du pont, est effectué à l'aide des deux volants à manettes K fixés aux deux bouts de l'arbre K', lequel est muni du pignon k engrenant avec la petite roue droite k' fixée sur l'arbre i', qui actionne, par les pignons i, les roues dentées fondues, comme il a été dit, avec deux des galets de roulement I'.

Maintenant que nous avons vu comment on déplaçait le pont dans le sens parallèle au grand axe de l'atelier, puis le treuil dans le sens perpendiculaire ou transversal, disons comment se fait l'enlèvement de la charge.

Dans les dents du pignon l, forgé avec l'arbre principal L, engrènent les fuseaux de la chaîne Galle L', à laquelle le fardeau est suspendu par l'intermédiaire du crochet M. La chappe de ce crochet est montée sur l'axe du pignon M', lequel fait l'office de mouffle, la chaîne se trouvant accrochée à un boulon suspendu au moyen de deux bras en fer N (vus en ponctués fig. 3), à la forte entretoise J'.

Le pignon moteur de la chaîne est logé à l'intérieur de la gaîne N', fondue avec deux bras qui permettent de la faire supporter par les axes des galets de roulement, et dont le chapeau est garni d'un godet grais-

seur pour l'introduction de l'huile nécessaire à l'entretien des fuseaux de la chaîne dans la denture du pignon.

Pour que celle-ci ne traîne pas sur le sol de l'atelier quand le crochet est en haut de sa course, le bout opposé à son point d'attache est relié par un crochet l' à l'entretoise j'.

Deux vitesses différentes sont disposées pour la facilité de la manœuvre. A cet effet, l'arbre premier moteur o, qui reçoit les deux manivelles de transmission O, est forgé avec deux pignons p et p' (fig. 6), l'un d'un diamètre plus petit que l'autre, afin d'engrener soit avec la roue r, soit avec celle r', toutes deux clavetées sur l'arbre intermédiaire o', lequel est muni à ses deux extrémités de petits pignons qui engrènent en même temps avec les deux roues à denture intérieure R. Celles-ci sont fixées sur l'arbre muni des deux forts pignons P, qui commandent parallèlement, et en dernier ressort, les deux roues R′ calées sur l'arbre du pignon de chaîne.

Dans le cas d'une forte charge à soulever, c'est-à-dire se rapprochant de celle maximum de 40 tonnes, c'est le petit pignon p que l'on fait engrener avec la roue r; dans le cas d'une charge moindre, on dégage ce pignon de sa roue en faisant glisser l'arbre o, et l'on met en prise les dents du pignon p' avec celle de la roue r'; puis on arrête l'arbre dans l'une ou l'autre des positions correspondantes à l'engrènement de ces deux pignons, au moyen d'une menotte à poignée m qui s'engage dans des portées ménagées, dans ce but, sur l'arbre o.

L'arbre intermédiaire o' est encore muni, entre les roues r et r', d'une poulie S, sur la circonférence de laquelle on agit à l'aide d'un frein pour arrêter au besoin le fardeau, ou ralentir plus ou moins sa descente. Ce frein, composé comme d'ordinaire d'une lame flexible en métal garnie de cales en bois, est manœuvré au moyen des leviers S′.

Un cliquet d'arrêt s' (fig. 6), qui s'engage dans les dents d'une roue à rochets fixée sur l'arbre o', complète les dispositions de sûreté dont l'appareil est pourvu.

PUISSANCE ET TRAVAIL DU TREUIL SOUS LA CHARGE NOMINALE

D'après les rapports des engrenages adoptés par M. Neustadt pour la transmission de mouvement, il est aisé d'établir avec exactitude la puissance qu'il est nécessaire d'exercer sur les manivelles afin d'élever le poids maximum de 40,000 kilogrammes pour lequel l'appareil a été construit.

Diamètre primitif du pignon Galle.	$0^{m}324$	Rapport : 2,777
Diamètre de la circonférence décrite par les manivelles motrices.	$0^{m}900$	

PETITE VITESSE.

Diamètre primitif du pignon manivelle *p*.	0m097	Rapport : 4,84
Diamètre de la 1re roue intermédiaire *r*.	0m470	

GRANDE VITESSE.

Diamètre primitif du pignon manivelle *p'*.	0m1657	Rapport : 2,4
Diamètre de la 1re roue intermédiaire *r'*.	0m404	
Diamètre primitif des pignons doubles pour le 1er arbre intermédiaire *o'*.	0m120	Rapport : 6,53
Diamètre primitif des roues à denture intérieure R. .	0m784	
Diamètre primitif des pignons doubles P pour le 2e arbre intermédiaire.	0m212	Rapport : 4,71
Diamètre primitif des roues R' sur l'arbre du pignon à chaîne Galle.	1m000	

Admettant la petite vitesse afin d'obtenir la force maximum, le rapport entre la puissance P et la résistance R sera :

$$\frac{P}{R} = \frac{0{,}324 \times 0{,}097 \times 0^{m}120 \times 0{,}212}{0{,}900 \times 0{,}470 \times 0^{m}784 \times 1{,}000} = \frac{1}{418}$$

Et, à cause de la chaîne moufflée, le chemin parcouru par le fardeau ne sera plus que la moitié de cette quantité, soit :

$$\frac{1}{836} \text{ et, en fraction décimale, } 0^{m}0012.$$

Pour le développement de la manivelle, M. Neustadt admet, et cela à la suite de nombreuses expériences sur le travail momentané de l'homme appliqué à une *manivelle de* GRUE, que la vitesse ordinaire de ces manivelles pour ce travail, *qui est intermittent*, est de 1 mètre par seconde.

La vitesse d'élévation sera donc de :

$$\frac{1^{m}000}{836} = 0^{m}001{,}196 \text{ par seconde.}$$

$$\text{Soit : } 0^{m}001196 \times 60 = 0^{m}007176 \text{ par minute.}$$

La charge effective étant de 40,000 kilog.
Les charges mortes (crochet et chaîne 2,000 kilog. à bas de course).
} soit : 42,000 kilog.

On a par suite, pour l'effort appliqué aux manivelles :

$$\frac{42000^{k}}{836} = 50 \text{ kilogrammes.}$$

Si on ajoute 1/6 (coefficient résultant d'expériences), soit 17 p. 100 environ pour les frottements du treuil, on arrive à un effort réel à exercer sur les manivelles de :

$$50 + \frac{50}{6} = 58^{k}3, \text{ soit 60 kilogrammes pour les 6 hommes,}$$

$$\text{ou, pour chacun d'eux : } \frac{60^{k}}{6} = 10 \text{ kilogrammes,}$$

qui, élevés à un mètre, = 10 kilogrammètres.

Effort facile à vaincre pour un travail de quelques instants, ainsi que cela a lieu dans les grues.

Nous avons fait voir, en effet, dans le 1er vol., par un tableau d'expériences faites en Angleterre, que, dans de telles conditions, le travail de l'homme peut s'élever à un chiffre notablement supérieur.

On pourrait, du reste, en modifiant un peu les rapports des engrenages, avoir moins d'efforts à exercer, mais on serait conduit à trop de lenteur dans l'élévation, ce qui serait d'autant plus regrettable que la charge nominale n'est à élever que rarement.

Dans le cas d'un poids relativement faible, on emploie la grande vitesse, qui est double de la petite.

Enfin, soit pour faire rouler le treuil, soit pour déplacer le pont, quatre hommes sont plus que suffisants.

Le poids total de l'appareil est d'environ 36,000 kilogrammes.



TISSAGE DES ÉTOFFES FAÇONNÉES

MÉTIER A LA JACQUART

PERMETTANT LA SUBSTITUTION DU PAPIER CONTINU AU CHAPELET DE CARTONS

Par M. FRANÇOIS DURAND, constructeur-mécanicien, à Paris

(PLANCHE 3.)

Depuis l'invention du mécanisme dû au célèbre Jacquart, on a cherché à le modifier de bien des manières sans avoir pu jusqu'ici toucher au principe fondamental. Dans le volume x de ce Recueil, en publiant l'appareil électrique de M. Bonelli, nous avons fait connaître les principales tentatives faites pour substituer au chapelet de carton en usage dès l'origine, soit le papier continu, soit des plaques minces en métal, soit enfin, comme dans le métier Bonelli, des électro-aimants alimentés par une pile et agissant pour repousser, dans l'ordre déterminé par le dessin, les crochets auxquels s'attachent les lisses du métier.

Les nombreuses recherches faites dans le but d'arriver à cette substitution des cartons montrent assez l'importance que tous les hommes spéciaux attachent à ce problème, dont la solution aurait pour résultat, en outre d'une économie estimée à plus de 50 pour 100 (1), de restreindre les dimensions des diverses parties du mécanisme en diminuant la pression qu'elles doivent supporter, de permettre de rapprocher les trous et enfin de faciliter le montage et le tissage des dessins compliqués, qui quelquefois sont si étendus que le nombre et le volume des cartons deviennent tellement considérables que l'on est obligé de recourir à des combinaisons assez compliquées pour permettre au métier de bien fonctionner.

Nous ne pouvons dire que cet intéressant problème se trouve résolu complétement au point de vue de l'application manufacturière, puisque le plus généralement on fait encore usage des cartons, mais nous pouvons faire espérer qu'il le sera bientôt, car plusieurs des systèmes pro-

(1) Nous pouvons citer des fabricants de châles qui dépensent, en cartons seulement, plus de 50,000 francs par année.

posés fonctionnent pratiquement dans divers établissements, et nous citerons tout spécialement celui de M. F. Durand, dont nous donnons plus loin une description détaillée. Mais avant, pour compléter l'aperçu historique que nous avons donné volume x, nous allons examiner sommairement les principales dispositions proposées depuis 1855.

Nous avons déjà parlé de l'ingénieux système de M. Rives aîné, qui, avec une infatigable persévérance ne cesse de s'occuper à le perfectionner. Rappelons que ce système consiste à remplacer les cartons ordinaires par des plaques métalliques de petites dimensions réunies par des fils, et percées sur toute leur étendue, de 4, 6 ou 800 trous, selon que le métier auquel on les applique doit être de 4, 6 ou 800 aiguilles. Ces plaques sont ensuite trempées dans de la cire, qui a pour but de boucher tous les trous, lesquels sont ensuite débouchés partiellement, dans un ordre déterminé, au moyen de poinçons qui agissent sous l'impulsion d'une machine à lire les dessins piqués, d'une disposition analogue à celle des machines de ce genre employée pour le piquage des cartons.

En suivant le même ordre d'idées, nous avons à citer deux brevets récents. Le premier, délivré à M. Quiquandon, le 18 février 1862, repose sur l'application d'un *carton-composteur,* formé d'une plaque métallique percée d'autant de trous qu'il y a d'aiguilles au Jacquart; sur cette plaque se fixe une seconde plaque percée d'un nombre de trous égal à ceux de la première, mais d'un diamètre un peu plus grand. Les bords supérieur et inférieur de la première plaque sont, en outre, recourbés de manière à former deux coulisseaux, dans lesquels peut glisser une troisième plaque percée d'autant de trous que les deux premières, mais dont le diamètre est un peu plus petit que ceux de la plaque intermédiaire.

Il s'agit alors, suivant la composition du dessin, de boucher ceux des trous dans lesquels les aiguilles du Jacquart ne doivent pas pénétrer, et de laisser les autres libres. A cet effet, dans tous les trous qui doivent être bouchés, se place un petit disque plein, qui vient reposer sur la saillie formée par la différence de diamètre des trous percés sur les plaques extérieures, et, pour maintenir solidement ces disques dans leurs trous, on fait glisser la plaque du milieu de manière qu'elle vienne recouvrir entièrement les deux autres, de telle sorte que les trois plaques de métal n'en forment plus qu'une seule. Le même carton peut donc, d'après ce système, servir indéfiniment, puisqu'il suffit de varier la fonction des disques pour produire des dessins différents.

Le second brevet, délivré à M. Erba, de Milan, le 20 novembre 1862, permet également la suppression des cartons ordinaires, soit en conservant les métiers existants, soit en construisant des métiers spéciaux.

Dans le premier cas, les cartons sont remplacés par des plaques métalliques préalablement percées sur toute leur superficie d'un nombre de trous correspondant au maximum d'aiguilles du métier. Ces trous sont bouchés aux points déterminés par le lisage par de petits cylindres de caoutchouc, qui désaffleurent sur chaque face d'une petite quantité. Ces bouchons sont destinés à faire l'office de la partie pleine des cartons, c'est-à-dire que les aiguilles poussées par les ressorts à boudin qui agissent derrière elles, restent en repos lorsqu'elles butent contre les bouchons, tandis qu'elles fonctionnent, se déplacent et pénètrent dans les trous, lorsqu'elles se trouvent en regard de ceux-ci.

Dans le second cas, celui d'un métier nouveau, la mécanique des cartons de Jacquart est remplacée par un système appelé ***atmosphérique***, à cause que la levée des fils de chaîne est déterminée par l'ascension de petits pistons mis en mouvement par la pression atmosphérique. A cet effet, chacun des crochets auxquels se rattachent les fils qui font lever la chaîne sont terminés par un petit piston de traction ajusté dans un tube pourvu d'un tuyau d'air horizontal qui remplace l'aiguille ordinaire, en permettant de faire le vide dans les tubes toutes les fois que cet orifice est bouché par un des petits cyindres introduits dans les trous des plaques métalliques qui remplacent les cartons.

Revenons maintenant aux dispositions ayant pour but le remplacement des cartons par le ***papier continu.***

Le système de M. Acklin, dont nous avons parlé, a été exploité par MM. Pujol et C[e], et le liquidateur, M. Pinel de Grandchamp, s'occupe de le perfectionner, comme nous le voyons par la demande d'un nouveau brevet pris le 1[er] août 1861, et un certificat d'addition en date du 15 avril 1862, afin de rendre l'application plus pratique en simplifiant autant que possible le mécanisme auquel on reprochait une assez grande complication.

A l'exposition universelle de 1855, avec les Jacquarts à papier subtitué aux cartons de MM. Blanchet et Junot et de M. Acklin, figuraient aussi ceux de MM. Villard et Gigodot, de MM. d'Espouy et de M. Beau, qui tous trois se distinguaient par des combinaisons plus simples que les précédentes. La mécanique à papier de MM. Villard et Gigodot formait un système Jacquart spécial, ne pouvant être appliqué aux machines ordinaires (1). Celui de M. Espouy, au contraire, différait du Jacquart ordinaire en ce que le papier était appliqué sur un *cylindre rond*, et que les aiguilles étaient repoussées toutes à la fois par une longue planche mue par un ressort; au moment où le papier commençait à pousser les aiguilles, la planche était repoussée, et les aiguilles devenaient libres.

Dans le Jacquart de M. Beau, la grande camme était portée par le chariot des griffes, et les galets étaient fixés au chariot porte-cylindre; la pièce qui tirait le cylindre contre les aiguilles cédait lorsque les griffes descendaient, de manière que la pression ne s'effectuait qu'au commencement de leur levée et quand les crochets à talons étaient complétement détachés des griffes.

Bien que le métier électrique de M. Bonelli que nous avons publié ait paru tout d'abord être appelé à amener une révolution dans l'industrie des tissus façonnés, sa grande complication, les soins minutieux à prendre pour assurer son fonctionnement, joint à son prix élevé, ont empêché jusqu'ici d'en répandre l'usage; mais il est probable cependant qu'on arrivera à le simplifier; nous nous en rapportons pour cela à M. Froment, l'habile fabricant d'instruments de précision (2).

(1) Citons aussi M. Gaud, à Lyon, qui a pris un brevet le 18 octobre 1853, pour *appareil supplémentaire de papier continu, en remplacement des cartons*, et aussi une *nouvelle presse de mécanique à la Jacquart*, avec système de *crochet à* [illegible] destinés à conserver les cartons, en évitant la pression brusque et rapide des presses ordinaires.

(2) Quelques industriels se sont aussi occupés d'appliquer l'électricité au tissage; nous citerons M. Gaud, à Amiens, qui s'est fait breveter le 22 mars 1854 pour un métier *électrique à crochets-griffes et à châssis propulseur dans lequel les cartons sont remplacés par un papier continu;* M. Midy, à Saint-Quentin, breveté le 30 août 1854, pour

Il devient du reste d'autant plus difficile à ce système de présenter des avantages, que ce n'est plus contre les cartons encombrant et dispendieux qu'il va avoir à lutter, mais bientôt contre le papier continu d'un emploi plus facile, et présentant, comme nous l'avons dit, une grande économie.

Seulement, ce qui a retardé jusqu'ici son adoption définitive, c'est que, en raison de son peu d'épaisseur, il ne peut offrir assez de résistance pour repousser les aiguilles du Jacquart; de là l'urgence d'un mécanisme spécial devant remplacer le choc du cylindre prismatique ordinaire; un autre inconvénient que présente le papier, c'est sa dilatation et sa contraction sous l'influence de la température plus ou moins chargée d'humidité, ce qui fait que les trous cessent de se présenter exactement vis-à-vis des aiguilles.

Ces deux inconvénients, quoique très sérieux, peuvent être vaincus sans doute par d'heureuses combinaisons; nous signalerons particulièrement, parmi les nouvelles dispositions proposées pour arriver à ce résultat, les suivantes :

M. Seurre, de Lyon (brevet du 24 janvier 1855, suivi de deux certificats d'addition du 11 août 1855 et du 5 février 1857), a imaginé un papier hydrofuge garni de bandelettes latérales destinées à le renforcer, et un mécanisme spécial au moyen duquel toutes les aiguilles sont retirées ensemble, en les faisant passer contre des ressorts renfermés dans des tubes métalliques, pour que, par sa pression, le papier ne soit pas forcé de les appuyer lui-même, et que toutes ces aiguilles se trouvent abandonnées lorsque la pression a eu lieu, afin que le papier ne reçoive que l'action faible produite par les ressorts.

MM. Tiphaine, Maurel et Gagnière, à Paris, brevetés le 27 juin 1857, ont proposé, d'une part, d'éviter les changements d'état ou de dimension du papier, en le trempant dans une solution de colle, de gomme arabique et d'alun, en employant un papier spécial renforcé dans certains endroits d'un tissu très-léger, ou de simple filament de soie, coton, laine ou fil; et, d'autre part, une disposition qui, sans changer le Jacquart ordinaire, en modifie le fonctionnement en rendant les ressorts qui servent à ramener les aiguilles, lorsqu'elles ont été repoussées par les plaques non percées des cartons, sensiblement plus faibles, afin que les aiguilles ne percent pas le papier substitué aux cartons. Ces ressorts sont, dans les Jacquart ordinaires, logés dans les trous d'une traverse appelée *étui,* renfermant autant de ressorts qu'il y a d'aiguilles. Dans leur système, les inventeurs placent dans les trous de petites tiges ou *touches* en bois ou en métal, dont l'extrémité postérieure porte une *broche* plus mince qui se trouve en dehors des trous de la traverse. Cette broche est entourée par un ressort à boudin, beaucoup plus faible que les ressorts employés au même usage, et elle en remplit le vide central de façon à le renforcer, c'est-à-dire à l'empêcher de dévier ou de fléchir. Le peu de puissance des ressorts empêche les aiguilles de percer le papier, et le moyen de les guider assure leur fonctionnement, en leur donnant assez d'action pour repousser les aiguilles.

M. Vincenzi, à Lyon, breveté le 17 juillet 1857, dont l'invention a pour principe de garantir le papier de tous efforts à la répulsion des aiguilles dans la battue du cylindre qui le guide contre la planchette du Jacquart. Ce résultat est obtenu par un mouvement qui refoule les aiguilles, en même temps que le cy-

un *appareil électrique applicable à tous les métiers à tisser.* Le premier de ces brevets est publié dans le vol. XXXVI, et le second dans le vol. XI des *Brevets d'invention*, publiés sous le régime de la loi de 1844.

lindre fait plaquer le papier du dessin contre la planchette. Le papier ainsi placé entre celle-ci et le cylindre, presque en contact avec la pointe des aiguilles, se trouve en position de recevoir leur impulsion sans effort et sans chance de dégât dès que le mouvement qui refoule les aiguilles les a abandonnées à l'action attractive des ressorts. En haussant la griffe, le mouvement qui refoulait les aiguilles produit un échappement, et celles-ci, tendant à reprendre leur position naturelle par leur propre élasticité, entrent dans le cylindre par les vides du papier, s'il y a des vides devant elles, ou restent à leur place, empêchées qu'elles sont de sortir par la résistance que présente le papier, s'il n'est pas percé.

M. Tremeschini, breveté le 22 janvier 1858, dont l'invention consiste 1° En une manière de produire le déplacement des aiguilles, crochets et lisses, au moyen de bandes étroites et parallèles en carton mince, dit *cartoncino*, divisées longitudinalement de façon que la largeur de chaque bande correspond pour chaque coup de pédale au service de cent aiguilles, par exemple, distribuées en plusieurs lignes, pour éviter les inconvénients des effets hygrométriques, la flexibilité, etc.; 2° dans la perforation des bandes susdites de cartoncino dans des conditions très-économiques au moyen d'instruments *ad hoc*.

M. L. Saccardo, breveté le 23 août 1860, *pour l'application d'un papier sans fin à intervalles compensateurs et points de repère indépendants aux métiers Jacquart*. Ce système consiste, en premier lieu, à pratiquer, sur la feuille de papier sans fin dans le sens longitudinal et à petites distances, des perforations qui ont pour but d'éviter l'inconvénient résultant des variations hygrométriques de l'atmosphère sur le papier dans le sens de sa largeur; en second lieu, à constituer un système de points de repère, afin de supprimer les inconvénients qui ont empêché jusqu'ici la substitution pratique et industrielle du papier au carton; en troisième lieu, à disposer le battant servant d'intermédiaire entre le papier et les aiguilles du métier, de façon à éviter les frottements et les résistances qui obligent d'exercer un effort relativement considérable, et par suite de faire usage de forts ressorts.

M. Rigo, à Vincennes, breveté le 18 octobre 1862, pour une disposition mécanique qui facilite l'emploi du papier, en même temps qu'elle empêche la courbure des crochets et l'usure de l'anneau des aiguilles. A cet effet, l'auteur évite le *coup dur* en graduant la pression du cylindre contre les aiguilles, de manière à ne refouler ces dernières qu'au moment où la grille est à fin de course descendante, et à l'y maintenir le temps nécessaire lorsqu'elle monte. Cette pression graduée est obtenue sans rien changer au Jacquart, en mobilisant simplement la tige qui porte le galet de pression, et qui se meut dans la pièce cintrée, laquelle, par le soulèvement de la griffe, fait avancer ou reculer le cylindre.

M. Gagnière, à Paris, breveté le 20 juin 1863. — Comme M. Rigo, cet inventeur cherche à éviter le *coup dur*, en supprimant la brutalité du choc qui fait *dégriffer* les crochets avant la fin de leur course, lorsque la griffe descend. Il obtient ce résultat par un système de *pression auxiliaire* changeant le point de contact du galet de pression qui se meut dans la pièce cintrée. Cette pression n'a lieu ici qu'au moment où la griffe a abandonné tous les crochets, de telle sorte que le cylindre n'a plus qu'à refouler les aiguilles dégagées du poids que porte le crochet; mais comme il importe que la pression soit continuée, lorsque la griffe remonte, les loquets qui retiennent le battant ne se déplacent

qu'au moment où les barreaux de la griffe ont dépassé la tête des crochets.

MM. Dornier et Lefèvre, à Paris, brevetés le 16 juillet 1863, proposent l'adjonction d'un second battant au battant ordinaire, dans le but également de diminuer le choc sur les aiguilles horizontales. A cet effet, quand le premier battant revient sur la machine pour présenter le papier aux aiguilles, il se trouve arrêté à une faible distance de ces dernières, et c'est alors que le battant additionnel se déplace, par suite de la descente de la griffe, et fait approcher le cylindre de la quantité nécessaire pour exercer la pression; celle-ci est régularisée à volonté, en changeant une petite pièce métallique qui fait partie du second battant; de plus, pour empêcher que la pression ne détériore les aiguilles, la boîte qui les contient, et qui d'ordinaire est fixe, se mobilise, de telle sorte que la pression ne se fait sentir que lorsque la boîte est repoussée.

Maintenant que nos lecteurs sont au courant des divers moyens proposés pour réaliser ce progrès tant désiré de la substitution du papier sans fin aux cartons, il nous reste à faire connaître la nouvelle disposition à la fois simple et ingénieuse imaginée par M. F. Durand.

Les moyens adoptés diffèrent d'une façon sensible de ceux que nous venons de passer en revue, puisque M. Durand revient à l'idée mère de Vaucanson, celle de substituer un cylindre rond au prisme carré; seulement le cylindre proposé par Vaucanson était doué d'un double mouvement; il tournait et se déplaçait, tandis que, dans le nouveau système, le cylindre ne fait que tourner; et pourtant il accomplit les fonctions du prisme dans le Jacquart.

Cette modification en réclamait forcément une autre qui est d'une grande importance, et qui consiste à faire agir les aiguilles et les crochets de façon à supprimer l'inconvénient que présentent les machines ordinaires, de les rendre lourds et de fausser souvent leur action. On a produit ce résultat en ne remettant les aiguilles en présence du cylindre qui les commande qu'au moment voulu; pendant le reste du temps elles sont complétement isolées.

Cet effet de recul de toutes les aiguilles est obtenu en faisant mouvoir en arrière l'étui à ressort qui contient leurs extrémités; pendant ce mouvement la griffe s'élève emportant avec elle tous les crochets dont les aiguilles ont rencontré les trous du papier.

On comprendra facilement qu'avec un cylindre à axe fixe l'on substitue à l'action trop énergique du cylindre frappant, une action modérée et constamment réglée sur les aiguilles qui, alors, peuvent venir se poser progressivement sur les pleins et sur les vides du papier enroulé exactement autour du cylindre.

Nous allons compléter cet exposé en décrivant en détails, à l'aide du dessin, pl. 3, ce nouveau Jacquart, pour lequel M. Durand s'est fait breveter le 21 septembre 1859.

DESCRIPTION DU MÉTIER A LA JACQUART,

REPRÉSENTÉ PAR LES FIG. 1 A 5 DE LA PLANCHE 3.

La fig. 1 est une vue de côté du Jacquart tout monté et prêt à fonctionner.

La fig. 2 est une vue de face, le cylindre supposé coupé.

La fig. 3 est une coupe transversale faite par le milieu, suivant la ligne 1-2 du plan.

La fig. 4 montre ce même métier en projection horizontale.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/6 de l'exécution.

La fig. 5 représente, à une échelle double en élévation et en plan, une portion de l'étui mobile à ressort servant de guide aux aiguilles.

On doit remarquer tout d'abord, à l'inspection de ces figures, que la machine ne diffère pas sensiblement des Jacquart ordinaires. Comme ceux-ci, elle est composée d'aiguilles horizontales traversées par des crochets verticaux auxquels sont attachés tous les fils qui contribuent à la formation de l'étoffe façonnée. Ces crochets sont soulevés, suivant la nature du dessin, par une griffe qui se meut verticalement dans des coulisses ménagées sur les deux montants qui forment le bâti.

Les modifications apportées au métier et dont nous avons déjà parlé, peuvent se résumer ainsi : 1° Substitution d'un cylindre tournant en place autour de ses tourillons, au prisme rectangulaire à mouvement de translation dans le sens des aiguilles du Jacquart ordinaire; 2° mouvement latéral de l'étui et de son jeu d'aiguilles pour se mettre, au moment voulu, en contact avec le papier continu, et permettant au cylindre d'exécuter son mouvement intermittent de rotation, pour présenter à l'action des aiguilles chaque partie du dessin correspondant à une duite; 3° déplacement latéral de la griffe qui porte les crochets, afin de suivre ces derniers dans le mouvement que leur donnent les aiguilles pendant leur déplacement avec l'étui.

Dispositions générales. — Le nouveau Jacquart se compose, comme on voit, de deux montants en fonte A et A', fixés sur une traverse qui repose comme d'ordinaire sur la partie supérieure du métier à tisser. Ces deux montants, formant le bâti proprement dit de la machine, sont réunis entre eux par une entretoise *a*, le chapiteau A^2, et les différents axes qui composent la machine.

La partie antérieure de chaque montant est fondue avec un bras servant de paliers pour recevoir l'axe *b* du cylindre principal B, lequel est formé de trois croisillons en fonte également espacés, calés sur ledit axe *b*, et dont la périphérie tournée bien exactement au même diamètre pour chacun d'eux reçoit le cylindre proprement dit, qui est composé

d'une feuille de cuivre mince percée d'un grand nombre de trous, dont l'écartement correspond à celui des aiguilles.

La surface de ce cylindre reçoit le papier continu percé des trous nécessaires au tissage du dessin que l'on veut produire.

Sur ce cylindre, à l'endroit des croisillons, sont fixés, également espacés les uns des autres, des goujons faisant saillie, afin de correspondre à des trous pratiqués sur les bords et au milieu du papier, pour servir de repères dans la conduite de celui-ci sur le cylindre, et afin que les trous de ce dernier soient bien en regard de ceux du papier, et, par suite, pouvoir livrer passage aux aiguilles.

Dans l'axe des montants A et A′ du bâti sont ménagées de fonte deux rainures verticales dressées *c*, dans lesquelles se meuvent deux saillies de formes correspondantes en fonte, dont les deux côtés du châssis C sont pourvus à cet effet.

Ce châssis est composé de deux plaques latérales fondues avec deux branches verticales munies des crémaillères *c′*, qui s'appuient, d'un côté, sur les galets *a′*, fixés par de petits supports sur le couronnement du bâti A^2, et, de l'autre, par les crémaillères contre les deux pignons D, qui transmettent le mouvement vertical de va-et-vient au châssis, et par suite à la griffe C′ qui y est reliée. A cet effet, les pignons D sont fixés sur le même axe horizontal *d*, qui tourne dans deux coussinets ménagés sur les montants A et A′, et qui porte, en dehors du bâti A, une poulie E destinée à recevoir la courroie ou sangle de commande.

La griffe proprement dite est composée du cadre rectangulaire en fonte C′, dont les petits côtés glissent latéralement dans des rainures intérieures pratiquées dans les parties latérales du châssis C. A ce cadre sont fixées, dans le sens de la longueur, les lames en tôle mince c^2 destinées à enlever les crochets à chaque mouvement ascendant du châssis porte-griffe.

ÉTUI. — Dans les Jacquart ordinaires, l'étui dans lequel sont logés les ressorts de pression des aiguilles consiste, comme on sait, en une pièce de bois fixée à la partie postérieure de la machine, laquelle est percée d'un nombre de trous égal à celui des aiguilles; dans chacun de ces trous est logé un petit ressort en laiton, qui repousse les aiguilles toutes les fois que le prisme porteur des cartons se recule pour frapper une nouvelle passe.

Par le fait de sa disposition même cet étui est défectueux, les trous dans lesquels sont placés les ressorts sont toujours trop petits pour que ceux-ci puissent jouer librement, il s'en suit que fort souvent il y a des aiguilles paresseuses qui, n'étant pas repoussées à temps dans leur première position, produisent des manques que l'on reconnaît aisément dans le tissu, et qui nuisent à sa régularité.

Pour remédier à ce grave inconvénient M. Durand a modifié entièrement la disposition de l'étui; il est arrivé à isoler complétement chacun

des ressorts et à leur donner toute l'élasticité désirable, en permettant en même temps à l'étui de se déplacer latéralement avec les aiguilles, à chaque course de la griffe, afin que le cylindre B, dégagé de ces aiguilles, puisse opérer son mouvement et présenter une nouvelle partie du papier percé à l'action de la machine. Ce nouvel étui est ajusté dans les montants A et A′ qui, à cet effet, sont entaillés d'une ouverture rectangulaire servant de guide à deux joues en fonte F (fig. 1 et 5), réunies entre elles par deux lames de tôle mince *f*, et par une série de neuf broches en fer *f′*, disposées horizontalement les unes au-dessus des autres et formant une sorte de grillage.

Entre chacune de ces tringles sont réparties les huit rangées d'aiguilles, qui sont rendues dépendantes du mouvement de translation de l'étui au moyen d'*épinglettes* verticales *e*, qui passent dans des trous pratiqués à cet effet dans les plaques *f*, et dans les œils *g′* des extrémités des aiguilles *g* (fig. 5). La longueur des œils est telle que les aiguilles, lorsqu'elles se présentent sur une partie non percée du papier, peuvent reculer naturellement de la quantité suffisante.

La boîte à ressort, ou l'étui proprement dit, qui se place devant le grillage *f′*, auquel il est fixé au moyen de deux vis, est également composé de deux joues en fonte H, réunies par deux plaques de tôle *h* et deux grilles *h′* et h^2 disposées comme celles *f*. Entre ces grilles sont placées de petites tiges en fer-blanc *i* correspondant à chacune des aiguilles *g*.

Ces tiges *i* sont embouties pour former à l'une des extrémités un petit talon de butée pour les aiguilles (voy. fig. 5), et vers le milieu avec une petite saillie sur laquelle s'appuie le faible ressort à boudin *i′*. Deux petites coulisses longitudinales sont percées aussi dans les pièces *i*, et leur servent de guides au moyen des épinglettes verticales *e′* e^2 qui les traversent, ainsi que les plaques *h* de la boîte à ressorts.

Ainsi construit, l'étui présente une grande sécurité pour le bon fonctionnement des aiguilles; les ressorts toujours isolés, et parfaitement guidés sur toute leur longueur, agissent continuellement sans aucune chance de dérangement.

Dans le mouvement de recul de l'étui, mouvement que bientôt nous allons étudier, ce sont les épingles verticales *e* qui, passant dans les œils extrêmes *g′* des aiguilles *g*, déterminent ces dernières à suivre le même mouvement que l'étui lorsque celui-ci est porté en arrière; dans le mouvement en avant, les ressorts *i′* agissent sur les pièces *i* qui repoussent les aiguilles. Dans le cas où l'une de ces dernières rencontre une partie du papier non percée, le ressort correspondant fléchit et l'aiguille reste en arrière avec le crochet qu'elle conduit; ce dernier, n'étant plus sur la verticale des lames c^2 qui forment la griffe proprement dite, celle-ci se lève sans entraîner avec elle le crochet repoussé en arrière.

Au contraire, lorsque l'aiguille rencontre un trou du papier, elle y

pénètre, toujours sous l'action des ressorts, et le crochet correspondant se trouve en prise avec la griffe c^2, laquelle, dans son mouvement ascensionnel, élève le crochet et le fil de la chaîne du tissu auquel il est relié.

MOUVEMENT DE RECUL DE L'ÉTUI ET DES AIGUILLES. — Nous avons vu plus haut comment, dans son mouvement de va-et-vient, l'étui fait participer les aiguilles à ce mouvement; nous allons maintenant examiner de quelle manière se produit ce déplacement.

Dans son trajet ascensionnel, le châssis C entraîne deux galets I (fig. 1) fixés à sa partie inférieure, à chaque extrémité en dehors du bâti, lesquels se meuvent dans la coulisse des leviers J, articulés en un point *j*, pris sur le bâti. La pression de ce galet sur les leviers articulés détermine ces derniers à prendre la position verticale, et, comme ils sont reliés à l'étui F par les petites bielles en fonte *k*, celui-ci est obligé d'exécuter son mouvement de recul, entraînant les aiguilles avec lui.

DÉPLACEMENT LATÉRAL DE LA GRIFFE ET COMMANDE DU CYLINDRE. — Dans ce mouvement de recul des aiguilles, les crochets qui les traversent sont soumis au même déplacement : il est donc indispensable que la griffe c^2 subisse aussi ce mouvement de translation dans la même proportion que les crochets verticaux, afin que ceux-ci soient toujours en prise avec elle. A cet effet, vers l'extrémité postérieure du cadre en fonte C, et des deux côtés, sont fondues des oreilles qui reçoivent chacune un galet en acier *l* fixé au moyen d'un axe à écrou. Ces galets peuvent glisser librement dans les rainures *l'* (fig. 1) pratiquées dans les montants A et A' du bâti.

Chacune de ces rainures *l'*, légèrement inclinée au commencement de la course, se termine par une partie verticale, de telle sorte que le galet, dans le mouvement ascensionnel qui lui est transmis par la griffe à laquelle il est fixé, rencontre le plan incliné de la rainure qui l'oblige à se reculer, ainsi que le cadre C' de la griffe c^2, jusqu'à la partie verticale de ladite rainure. A ce moment, l'étui est arrivé à la fin de sa course rétrograde, et la griffe c^2, ainsi que les crochets en prise, s'élèvent verticalement pendant le restant de la course, pour redescendre ensuite inversement et reprendre leur position initiale.

Ce mouvement de l'étui, ainsi que celui de recul de la griffe, s'effectuent du reste bien parallèlement, puisque les galets et les leviers sont doubles, c'est-à-dire établis de chaque côté de la machine.

C'est lorsque l'étui est reporté en arrière et les aiguilles dégagées du cylindre B, que ce dernier doit opérer son mouvement de rotation.

Cet effet est obtenu au moyen du levier L, qui a son point fixe sur le montant A et se termine, à l'une de ses extrémités, par une coulisse dans laquelle s'engage l'axe du galet *l* dont il vient d'être question, de sorte qu'il est obligé de suivre tous les mouvements de la griffe.

L'autre extrémité de ce même levier est munie du double cliquet L', dont l'une des branches *m* commande le cylindre B pour la marche

en avant, et l'autre branche *m'* pour la marche en arrière. A cet effet, le cliquet *m* agit sur la roue à rochet M, fixée sur l'axe du cylindre, et celui *m'* actionne, en temps opportun, la roue M' fondue avec celle M.

Chacune des deux branches du cliquet L' est ramenée à sa position par un des ressorts *n n'* (fig. 1), que l'on peut faire agir alternativement.

La branche supérieure du cliquet L' est engagée dans un guide K fixé au bâti, et reçoit deux cordes qui passent, l'une sur la poulie de renvoi *o*, l'autre sur celle *o'*, et se rendent ensuite auprès du tisseur, lequel commande ainsi la marche en avant du cylindre ou celle en arrière pour, au besoin, produire le détissage.

Afin que le cylindre B tourne toujours d'une quantité égale, et qu'il reste parfaitement immobile pendant que les aiguilles agissent sur le papier percé qui le recouvre, un second cliquet N, ou *valet*, à dent triangulaire, vient s'engager dans les dents d'une roue N', parfaitement divisée et fixée sur l'axe du cylindre ; un fort ressort O fait pression sur le levier N pour le tenir constamment engagé dans les dents de cette roue, et par suite, maintenir le cylindre bien d'aplomb après chaque mouvement de rotation.

Afin de pouvoir à volonté suspendre momentanément l'action du cylindre, soit pour dérouler une partie du papier percé, soit pour changer facilement le dessin, on dégage le cliquet N des dents de sa roue en soulevant l'extrémité de son levier N² au moyen de la manivelle P, forgée avec un talon sur lequel on le fait reposer.

Considérations sur l'application du métier. — Après la description que l'on vient de lire, il serait superflu d'entrer dans de nouveaux détails sur le fonctionnement de cette machine qui diffère peu, du reste, de celui des Jacquart ordinaires. Nous ferons seulement remarquer que, pour assurer la marche régulière, toutes les parties sont disposées de la manière la plus rationnelle : ainsi, au lieu de placer les aiguilles parallèlement entre elles, comme on le fait ordinairement, elles convergent toutes vers le centre du cylindre. La disposition de la planchette, placée verticalement entre le cylindre et les aiguilles, présente aussi une amélioration assez notable : elle se compose du cadre en fonte *p* (fig. 3 et 4), fixé aux deux montants A et A' du bâti, et sur la face antérieure duquel sont vissées les filières-coussinets en zinc *p'*, percées d'un nombre de trous suffisants pour le passage des aiguilles ; ces coussinets sont en plusieurs pièces, afin de permettre de les remplacer facilement lorsque les aiguilles prennent du jeu.

La machine est, de plus, entièrement en fonte, les ajustements en sont peu nombreux ; par suite, les chances de dérangement sont presque nulles et les réparations insignifiantes, ce qui en rend l'emploi assuré dans les localités éloignées des grandes villes.

Enfin, les principaux avantages de ce nouveau métier peuvent se résumer comme suit :

Suppression complète des cartons et leur remplacement par du papier continu, percé suivant les dessins à produire, d'un volume beaucoup moindre, plus facile à conduire, et dont le prix est sensiblement moins élevé;

Annulation du choc des métiers ordinaires pour faire appliquer le prisme muni de son carton contre les aiguilles horizontales, et par suite conservation et plus grande durée de la mécanique;

Mouvement doux et régulier des aiguilles, qui se présentent bien parallèlement à leur direction vis-à-vis des trous pratiqués dans le cylindre, lequel, bien divisé, ne fait que tourner sur place, pour amener successivement les trous correspondants à une duite.

Un certain nombre de ces nouveaux métiers fonctionnent depuis un temps assez long déjà pour ne plus laisser de doutes sur les résultats économiques qu'ils présentent et sur les avantages que l'on peut avoir à les substituer aux Jacquart ordinaires en usage.

L'emploi en grande quantité du papier continu a amené M. Durand à combiner une nouvelle machine pour le piquage de ce papier, les appareils de ce genre employés pour les cartons n'offrant pas la précision et la délicatesse nécessaires. Nous publierons prochainement dans ce volume cette nouvelle et très-intéressante machine.

MACHINE DOUBLE A PERCER LES CYLINDRES DES JACQUART,

REPRÉSENTÉE FIG. 6 A 9, PLANCHE 9.

La substitution du papier au carton dans les Jacquart ayant amené, comme nous venons de le voir, des modifications radicales dans les dispositions de ces machines, M. Durand, afin d'arriver à une construction économique et bien entendue, s'est appliqué à créer un outillage complet. C'est ainsi qu'il a imaginé une petite machine à percer les cylindres, un outil pour percer les planchettes, et différents autres appareils. Nous ne nous occuperons, quant à présent, que de la machine double pour percer les cylindres, comme étant la plus indispensable pour la construction de ces nouveaux métiers.

La fig. 6 représente cette machine vue de face, du côté des outils;

La fig. 7 en est une section transversale vue de côté.

La fig. 8 est une coupe transversale du chariot, montrant la commande de son mouvement de translation.

La fig. 9 fait voir l'emmanchement de la mèche dans les porte-outils.

On voit, à l'inspection de ces figures, que cette machine est composée d'un banc en fonte A, supporté par des pieds verticaux A′ également en fonte, fixés au sol par des boulons; notre dessin ne montre que la partie supérieure sur laquelle repose le banc.



La face supérieure de celui-ci, parfaitement dressée, reçoit le chariot B, sur lequel sont fixées les poupées C et C′ qui supportent le cylindre à percer. Ces poupées peuvent aisément se déplacer dans le sens longitudinal, au moyen des vis de rappel *c c′* fixées au chariot, et passant dans un écrou en bronze ajusté sous lesdites poupées.

Sur le même banc A, derrière le chariot, sont fixées deux colonnes verticales en fer D, D′, sur lesquelles peuvent glisser, et être retenus à une hauteur facultative, les deux bâtis E, E′ de la perceuse double proprement dite. Ces deux bâtis, reliés entre eux par les entretoises *e* qui, en maintenant leur écartement les rendent solidaires, portent chacun trois têtes qui servent de coussinets aux arbres verticaux porte-outils.

Ces arbres sont composés de plusieurs pièces : d'une tige principale *f*, dont la tête inférieure, d'un diamètre un peu plus fort, reçoit l'outil que l'on centre aisément au moyen de quatre vis de pression placées à angle droit, deux à deux (voy. fig. 9). La tête du foret, légèrement conique, se centre d'elle-même dans le fond du porte-outil. Les tiges *f* sont renflées à leur partie supérieure *f′*, et percées d'une ouverture centrale qui reçoit les tiges en fer *g*, lesquelles exercent la pression nécessaire pour faire pénétrer la mèche dans le métal, par l'intermédiaire de la traverse *g′* qui les réunit, et dont le milieu reçoit l'action du levier G, qui a son point fixe sur une des entretoises du bâti E E′.

Ce levier est commandé par la longue bielle G′, actionnée elle-même par un autre levier H qui passe sous le banc, où il prend son point d'appui et qui, terminé par un manche en bois H′, est à la portée de l'ouvrier. Quand celui-ci abandonne le manche, le contre-poids F, attaché à l'extrémité inférieure de la bielle G′, soulève simultanément les deux outils.

Le mouvement de rotation est communiqué à ces derniers au moyen d'une paire de roues d'angle *i i′*, dont l'une, celle commandée *i*, est fixée sur la douille I, qui enveloppe les arbres verticaux qu'elle entraîne au moyen d'une clavette engagée dans une longue rainure pratiquée sur la génératrice de ces arbres; l'autre roue, celle *i′* qui commande, est montée à l'extrémité de l'axe horizontal traversant la douille I′ (fig. 7) fondue avec chacun des bâtis, tandis que son autre extrémité porte les poulies *p* et *p′*, l'une montée fixe et l'autre folle.

Deux fourchettes J guident la courroie, qui passe à la fois sur les deux poulies fixes ou folles des deux arbres actionnant les forets par les deux paires de roues d'angles *i* et *i′*.

Ces fourchettes de débrayage sont reliées par une sorte de cadre *k* guidé de chaque côté des bâtis, et muni d'un bouton central *k′* (fig. 6), qui sert à la manœuvre en permettant de déplacer la courroie bien parallèlement et simultanément sur les deux poulies fixes ou folles.

Le cylindre à percer B′ étant monté sur les deux poupées C et C′, il suffit de déplacer latéralement le chariot B, d'une quantité égale à l'écar-

tement qui doit exister entre deux trous consécutifs, pour obtenir toute une ligne de trous qui correspondent aux aiguilles du Jacquart.

Ce mouvement est communiqué au chariot au moyen de la crémaillère *l* (fig. 7 et 8), fixée à l'intérieur du banc, et par l'intermédiaire du pignon *l'* claveté à l'extrémité de l'arbre l^2 qui traverse le chariot.

Cet arbre porte, en outre, à l'extrémité qui désaffleure le chariot, une petite roue à rochet *m* recevant un mouvement intermittent de rotation au moyen du cliquet *m'*, fixé sur le levier M, et dont le centre d'oscillation l^3 est pris sur le chariot. Ce levier porte un ressort faisant pression sur le cliquet *m'*, et une seule dent *n* qui s'engage dans les divisions de la crémaillère N fixée sur le côté du banc.

En soulevant le levier M, on dégage la dent *n* de la crémaillère et le cliquet *m'* passe sur une autre dent du rochet *m*.

Quand aussitôt après on abaisse ce même levier, le cliquet *m'* fait tourner la roue *m* et, par suite, le pignon denté *l'* qui engrène avec la crémaillère *l* fixée au chariot (fig. 8); celui-ci avance alors d'une quantité correspondante à une dent.

Lorsqu'une ligne de trous se trouve ainsi percée bien exactement à des distances égales au moyen de ce mécanisme, on procède au percement d'une seconde ligne parallèle à la première. Pour cela il est nécessaire que le cylindre effectue un mouvement de rotation dont l'amplitude dépend de l'écartement des rangées de trous, ou du nombre de divisions à produire sur la circonférence du cylindre, parallèlement à son axe. A cet effet, l'arbre qui traverse la poupée C est terminé à l'intérieur par le plateau O, qui porte la pièce de butée *o* destinée à entraîner le cylindre B' par l'intermédiaire du toc *o'* fixé sur son axe.

Ce plateau est divisé sur sa circonférence suivant un nombre de dents correspondant aux divisions à produire sur les cylindres; dans cette denture s'engage un petit cliquet *r* (fig. 7) fixé au levier à manette R, lequel le maintient constamment engagé au moyen du ressort *r'*.

Lorsqu'une ligne de trous est percée, il suffit, au moyen du volant à main V, de faire tourner le plateau qui entraîne avec lui le cylindre à percer. Le cliquet *r*, pénétrant dans l'une de ses divisions, force le plateau à rester en place pendant tout le temps du perçage des trous qui correspondent à une même ligne.

Par l'emploi de cette machine, extrêmement facile à conduire, le perçage des cylindres s'effectue rapidement, d'une façon on ne peut plus régulière et dans des conditions de main-d'œuvre très-économique.

MACHINES OUTILS

MACHINE RADIALE A PERCER

A PLATEAU MOBILE

ET

PERCEUSES APPLIQUÉES SUR COLONNE

Par M. HARTMANN, constructeur de machines, à Chemnitz (Saxe)

(PLANCHE 4)

Nos lecteurs se rappellent sans doute avoir vu, dans le vol. VII de ce Recueil, le dessin et la description d'une belle et grande machine radiale, à percer, très-bien construite, par M. Calla, sur le modèle-type de M. Whilworth, et qui consiste en un bâti vertical muni sur l'une de ses faces de glissières à queue d'hironde, permettant le déplacement, au moyen d'un pignon et d'une crémaillère, d'une sorte de chariot qui porte en haut et en bas des paliers destinés à recevoir les tourillons du bras radial, de telle sorte que celui-ci peut décrire un demi-cercle, et l'outil perceur s'arrêter et travailler dans les diverses positions correspondantes aux divers angles que l'on peut donner aux bras, tout en pouvant se déplacer dans toute sa longueur.

Ce système de machine radiale, quoique déjà ancien, est resté l'un des meilleurs types pour les machines de grande puissance et de grande portée; mais pour celles de moyennes et de petites dimensions, divers constructeurs anglais, allemands et français, ainsi que nous avons pu le reconnaître à la dernière Exposition universelle de Londres, se sont appliqués à modifier ce système par diverses combinaisons ingénieuses, ayant pour but de grouper toutes les pièces sous un moindre volume,

de rendre le fonctionnement de la mèche complétement automatique dans toutes les positions, et aussi de faciliter le service des pièces à percer par leur assujettissement sur des tables mobiles rapportées sur les bâtis et munies de bancs rainés sur plusieurs faces.

Nous nous proposons de donner le dessin de celles de ces machines à percer qui offrent les dispositions les plus heureuses, telles que les radiales de MM. Fairbairn et Ce, de Leeds; de M. Hulse, de Manchester; et de M. Hartmann, de Chemnitz.

Nous allons commencer par cette dernière, qui nous a paru tout particulièrement intéressante. Ainsi, dans cette machine, outre que tous les mouvements de l'outil sont produits automatiquement, l'arbre qui le porte est guidé dans des coussinets que l'on peut serrer à volonté, de manière à regagner le jeu provenant de l'usure. L'assemblage du foret avec la tête de cet arbre porte-outil présente aussi l'avantage d'offrir une grande solidité et un parfait centrage, en même temps que la tête de cet outil et la douille dans laquelle elle est engagée restent parfaitement intactes, contrairement à ce qui arrive dans la plupart des machines de ce genre, après peu de temps de fonctionnement.

Le bras radial, relié très-solidement à la colonne du bâti principal, présente une grande stabilité, quoique pouvant tourner très-facilement lorsque les vis d'arrêt sont desserrées. Le plateau, destiné à recevoir les pièces à percer, maintenues par des boulons engagés dans des rainures pratiquées dessus et latéralement, se manœuvre avec une extrême facilité à l'aide d'un petit volant à main qui, par l'intermédiaire d'une roue hélicoïde et d'une vis sans fin, agit sur un pignon engrenant avec une crémaillère taillée dans le bâti vertical.

Enfin cette machine porte sa poulie fixe et son débrayage, de manière qu'il n'est pas utile d'installer une transmission intermédiaire ni un débrayage séparé, comme cela est souvent nécessaire dans les autres outils de ce genre.

M. Hartmann construit aussi un très-bon modèle de machine à percer appliquée sur colonne, que nous avons également représentée pl. 4, et qui, bien que ne présentant pas le même degré de précision que les perceuses complètes à bâti fixe, peut cependant rendre d'excellents services dans les ateliers de construction, et être utilisée, par suite de la facilité avec laquelle on peut la transporter et la placer à toute hauteur, au perçage de certaines pièces, que leurs grandes dimensions ne permettent d'installer au-dessous du bras radial qu'avec la plus grande difficulté.

Dans cette machine, comme du reste dans toutes celles du même genre, exécutées par ce constructeur, la descente graduelle de l'outil, pour mordre le métal, s'effectue au moyen d'une crémaillère et d'un pignon; par ce mode de transmission, le foret pénètre moins, et l'on parvient plus facilement à le dégager à la main en cas de soufflure.

DESCRIPTION DE LA PERCEUSE RADIALE A PLATEAU,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 6 DE LA PL. 4.

La fig. 1 est une projection verticale en élévation de cette machine à percer, vue latéralement, partie en section, pour montrer la transmission de mouvement de l'arbre porte-foret.

La fig. 2 en est une vue de face extérieure.

La fig. 3 un plan horizontal vu en dessus.

La fig. 4 est une section verticale du porte-outil, faite transversalement par l'axe de son support et du bras radial.

Les fig. 5 et 6 sont deux sections horizontales du porte-outil, l'une faite à la hauteur de la ligne 1-2, et l'autre suivant la ligne 3-4.

Toutes ces figures sont dessinées à la même échelle, au 1/15e de l'exécution.

Bati et table rainée. — Nous devons dire tout d'abord que cette machine est d'une exécution parfaite; son bâti creux en fonte A est une pièce remarquable de moulage qui, fondue avec son patin A', est fixée par quatre boulons à écrous *a* sur un massif en maçonnerie affleurant le sol de l'atelier.

La partie ronde formant colonne présente sur le devant une partie plate dressée sur ses deux bords *a'*, et taillée à queue d'hironde pour recevoir les coulisseaux de forme correspondante de la table B; celle-ci est fondue dessus et sur l'un de ses côtés, avec des rainures dans lesquelles on engage des boulons à tête carrée qui permettent de fixer très-facilement la pièce à percer, suivant sa forme, sur l'une ou l'autre de deux faces rainées.

Suivant le plus ou moins de hauteur des pièces à soumettre à l'action de l'outil (sur la fig. 1 on a supposé un couvercle de cylindre à vapeur dont on perce les trous pour le passage des boulons d'attache), on abaisse ou on élève facultativement la table B qui les porte, au moyen du pignon droit à forte denture B' (fig. 2), engrenant avec une crémaillère *b* ménagée de fonte au bâti, et formée, à cet effet, d'ouvertures rectangulaires également espacées sur la face de la colonne.

Ce pignon est commandé à la main par l'intermédiaire de la roue hélicoïdale *b'* fixée sur son axe, et engrenant avec la vis sans fin *c*, que l'on fait tourner à l'aide du petit volant C.

Bras radial. — La partie supérieure de la colonne, sur une hauteur de 0m 625, est d'un plus petit diamètre que le corps afin de présenter un rebord circulaire, sur lequel vient reposer la douille D' fondue avec le bras radial D. Cette douille a intérieurement, haut et bas, des portées alésées à un diamètre bien exactement semblable à celui de deux cordons correspondants ménagés en saillie à la tête de la colonne, de façon

à assurer le contact des deux pièces, et par suite que la douille puisse tourner bien rond et à frottement doux sur la colonne.

Afin d'arrêter le bras dans la position où il est nécessaire de le maintenir pour faire fonctionner l'outil, la douille D' est munie des deux vis *d* (fig. 1) que l'on serre sur la tête de la colonne, qui, à cet effet, est pourvue sur sa demi-circonférence, en regard de ces vis, d'une plaque d'acier *d'* sur laquelle s'opère le serrage.

Porte-outil. — Le bras radial D est évidé intérieurement pour loger la vis *e*, et ses bords longitudinaux sont taillés à queue d'hironde afin de recevoir et laisser glisser le chariot E, sur lequel sont montées toutes les pièces qui forment l'ensemble du porte-outil. La vis *e* traverse l'écrou en bronze *e'* (fig. 4) fixé au chariot, et elle porte, en dehors du bras, le volant à manette E', à l'aide duquel on la fait tourner à droite ou à gauche, de façon à rapprocher ou éloigner à volonté, suivant les besoins, le chariot de la colonne.

Ce chariot est fondu avec deux bras ou poupées dans lesquelles tourne la douille F de l'arbre porte-outil F'. Cette douille est, dans cette machine, une des pièces importantes qui demande à être exécutée avec une grande précision; elle est fondue avec deux pignons *f* et *f'*; l'un, le supérieur est conique et reçoit un mouvement de rotation rapide qu'il communique à l'outil; l'autre est droit et chargé, comme nous le verrons, de transmettre au foret un mouvement lent descensionnel pour le faire pénétrer dans le métal.

Les deux extrémités de la douille sont tournées avec soin pour former collets, et s'ajuster bien exactement dans les deux poupées du chariot, et son centre est alésé pour livrer passage à l'arbre porte-outil F' claveté avec elle; de plus, la partie inférieure de cette douille est conique intérieurement pour recevoir un coussinet en bronze, en deux pièces, de forme correspondante et auquel on laisse un certain jeu dans le sens de l'axe, afin de pouvoir le soulever en serrant l'écrou *g*, qui se visse dans la douille filetée à cet effet. Au moyen de cette disposition, si à la suite d'un long fonctionnement il se produit un peu de jeu dans l'assemblage, il suffit de resserrer l'écrou pour y remédier.

La partie supérieure du porte-outil est terminée par une tige sur laquelle est montée à frottement doux la crémaillière en fer G, qui engrène avec le petit pignon *g'* (fig. 4 et 6); l'axe horizontal de celui-ci porte, à l'une de ses extrémités, la roue à denture hélicoïde G', qui engrène avec la vis sans fin *h*, au moyen de laquelle l'outil reçoit son mouvement vertical.

Transmission de mouvement. — Vers la partie inférieure, le bâti supporte un arbre horizontal sur lequel sont montées les poulies fixes et folles P et P', ainsi que le cône à poulies étagées H, destiné à transmettre le mouvement qu'il reçoit du moteur de l'usine, directement par la poulie fixe P au cône supérieur H'.

Le mouvement est interrompu à volonté, en faisant passer la courroie sur la poulie folle P', à l'aide de la fourchette I fixée à la tringle en fer plat I', que l'ouvrier conducteur de la machine déplace dans le sens horizontal en agissant sur la poignée du levier à manette J.

L'axe du cône supérieur H' traverse la colonne et porte à l'intérieur de celle-ci, comme on le voit fig. 1, un pignon d'angle *i*, qui engrène avec un pignon semblable *j* fixé sur l'arbre vertical J', lequel, supporté par des collets en bronze ajustés au centre des travers *k* et *k'* fixés à la colonne, est muni, à sa partie supérieure, d'un second pignon d'angle *l* engrenant avec celui *l'*.

Ce dernier est fondu avec un long moyeu prisonnier dans un coussinet en bronze qui est ajusté dans le renflement *m*, venu de fonte à cet effet avec la douille du bras radial, de telle sorte que ce pignon *l'*, quelle que soit la position que le bras occupe autour de la colonne, reste toujours engrené avec celui *l*.

Pour éviter que la poussière pénètre à l'intérieur de la colonne et vienne s'accumuler sur la paire de roues d'angle *i*, *j*, dont le nettoyage serait assez difficile, le constructeur a eu le soin de recouvrir la colonne et par suite tout le mécanisme des quatre roues d'angle, par un chapeau en tôle M, qui épouse la forme des engrenages supérieurs.

Le pignon *l'* qui suit, comme nous venons de le voir, tous les mouvements du bras radial, est fixé sur l'arbre horizontal L, au moyen d'une longue clavette permettant à cet arbre de glisser avec le chariot E dans toute la longueur dudit bras ; il transmet le mouvement à la douille F du porte-outil au moyen du pignon d'angle *m'*, qui engrène avec la petite roue *f* fondue avec cette douille, comme il a été dit plus haut.

Nous avons dit aussi qu'avec cette douille était fondu le pignon droit *f'* destiné à communiquer à l'outil, en outre de ce premier mouvement circulaire continu dont il est animé, un second mouvement rectiligne et descensionnel. A cet effet, le pignon *f'* engrène avec celui *n*, auquel est fixé un bouton de manivelle qui, par la petite bielle N, actionne le cliquet *n'* engagé dans les dents de la petite roue *o* ; l'axe vertical N' de celle-ci est muni à son sommet de la vis sans fin *h*, commandant par la roue G' et le pignon *g'*, la crémaillère G montée sur l'arbre porte-outil.

Par cette combinaison, comme on voit, la descente automatique du foret est obtenue d'une façon assez simple. On le remonte rapidement à la main, après chaque trou percé, en agissant sur la poignée du petit volant O, fixé à l'extrémité inférieure de l'arbre N'.

Toutes les pièces de ce mécanisme font naturellement partie du chariot qui est fondu avec de petits bras *p* et *p'* pour supporter les axes des deux roues *n* et *o*.

DESCRIPTION DE LA PERCEUSE APPLIQUÉE SUR COLONNE,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 7 A 10.

La fig. 7 est une élévation latérale de cette machine.

La fig. 8 en est un plan vu en dessus.

La fig. 9 une section horizontale faite à la hauteur de l'axe des pou-ies motrices, suivant la ligne 1-2.

La fig. 10 montre en détail le mode d'assemblage de la tige porte-util et de sa crémaillère.

La fig. 11 est une section de la tête du porte-outil assemblée avec son oret.

Cette machine, comme on voit, est sans bâti, la colonne en fonte A ui en tient lieu et reçoit, à cet effet, la pièce D fondue avec ses deux ras reliés par une forte membrane qui épouse la demi-circonférence de colonne, de façon à s'y appuyer sur une assez grande hauteur et y être etenue solidement par les deux étriers D', dont les brides sont reliées ar les boulons à écrous d'. Deux vis de serrage d sont encore ajoutées our bien arrêter cette pièce principale, en évitant tout déplaçant de extrémité des bras autour de la colonne.

Dans l'espace compris entre les deux bras est monté l'arbre L, qui orte le cône H destiné à recevoir la courroie motrice sur l'une ou autre de ses poulies, suivant la vitesse de rotation qu'il est nécessaire e communiquer à l'outil, en raison de la dureté du métal ou du dia-mètre des trous à percer.

A l'extrémité de cet arbre est fixé le pignon l, qui engrène avec la oue d'angle f, clavetée sur la douille en fonte F. Celle-ci, comme dans a machine radiale, entraîne, au moyen d'une longue clavette, l'arbre porte-outil F' qui la traverse, et qui, à sa partie supérieure, est assemblé avec la crémaillère G commandée par le pignon g' ; l'axe de ce dernier porte la roue G engrenant avec la vis sans fin h.

Comme cette crémaillère ne doit pas tourner avec l'arbre F', mais eulement pouvoir le faire descendre et remonter dans sa douille, la éunion est obtenue, comme l'indique la fig. 10, au moyen d'un renfle-ent à pivot et d'une bague en bronze retenue par une goupille.

Le mouvement est transmis à la vis sans fin h par son arbre N', dont extrémité inférieure est munie de la roue à denture hélicoïde n' com-andée par la vis sans fin n, laquelle est fixée sur l'axe de la petite pou-e O qui reçoit le mouvement de l'arbre moteur de la machine.

La roue n' est fondue avec un rochet O et montée folle au-dessus de a petite manivelle N, qui est fixée tout à fait à l'extrémité de l'arbre N, t munie d'un cliquet o' (fig. 7) maintenu engagé dans les dents du

rochet au moyen d'une vis à mentonnet que l'on manœuvre à l'aide de la poignée *r*.

Il résulte de ces dispositions que l'arbre N' de la vis sans fin *h*, qui commande la crémaillère G par le pignon *g'*, se trouve entraîné, non pas directement par la roue hélicoïde *n'*, mais par l'intermédiaire du cliquet *o'* et de la manivelle N calée à son extrémité, de telle sorte que l'ouvrier peut, en dégageant le cliquet, faire descendre l'outil à la main ou le faire remonter rapidement sans entraîner la roue *n'*, dont les dents engagées dans les filets de la vis *n* présenteraient une résistance trop considérable à vaincre.

Dans cette machine, comme dans la précédente, le foret T est réuni à son arbre F' au moyen d'une tête conique (voyez les détails fig. 11) qui pénètre dans un trou alésé de forme correspondante pratiqué dans un renflement ménagé à cet effet à l'extrémité de l'arbre porte-outil. Ce renflement est, en outre, fileté intérieurement pour recevoir l'écrou de serrage *t*, percé à son centre pour le passage du foret.

Par le fait de cette disposition très-simple, le foret, en même temps qu'il est maintenu très-solidement, se trouve parfaitement centré dans l'axe de l'arbre, ce qui donne pour avantage d'obtenir des trous creusés bien perpendiculaires aux surfaces, en même temps que les forets ne peuvent ni se fausser ni se détériorer, et restent par suite en bon état de service jusqu'à ce qu'ils soient complétement usés.

PRESSES HYDRAULIQUES

APPAREILS STERHYDRAULIQUES

SUBSTITUÉS AUX POMPES D'INJECTION

Par MM. DESGOFFE ET OLLIVIER, ingénieurs à Paris

(PLANCHE 5)

Nous avons eu l'occasion de voir fonctionner, il y a quelque temps, chez MM. Bertrand, Kauleck et Bazy, constructeurs-mécaniciens à Paris, une presse hydraulique d'un système nouveau très-ingénieux et d'une très-grande simplicité, qui nous paraît susceptible de nombreuses et heureuses applications.

On sait que, jusqu'à présent, la presse dite de *Pascal*, auquel l'invention du cuir embouti de *Bramah* a permis de donner une si grande extension (1), fonctionne au moyen d'une pompe d'injection qui, aspirant l'eau d'un réservoir ou d'une bâche *ad hoc*, la refoule dans le corps de presse et fait avancer le piston graduellement par une succession de coups répétés, au moyen de clapets qui laissent pénétrer le liquide dans le cylindre sous l'action du refoulement, mais qui se referment lors de l'aspiration.

Or, ce qui exige dans les presses hydrauliques le plus de soin de construction, de coût d'établissement, d'entretien et de réparation, ce sont les cuirs et les clapets en bronze de ces pompes d'injection, et c'est justement ces auxiliaires que MM. Desgoffe et Ollivier sont arrivés à supprimer au moyen de leurs appareils sterhydrauliques.

(1) Les presses hydrauliques employées tout d'abord à l'extraction de l'huile, à la fabrication du sucre, de la stéarine, à l'étirage des tuyaux de plomb, à la compression des fourrages, au satinage des papiers, etc., dont nous avons donné des exemples dans les précédents volumes de ce Recueil, reçoivent maintenant de nouvelles applications pour l'estampage et l'emboutissage des métaux, le calage et le décalage des roues de wagons, l'agglomération des combustibles, les essais des matériaux de construction, des appareils de levage, etc.

Dans ces nouveaux appareils, au lieu que l'avancement du piston dans le corps de presse, et par suite la compression, soit produit par le refoulement d'un liquide, c'est par l'introduction forcée d'un corps solide dans le récipient de la presse, qu'est obtenu le déplacement de la veine fluide produisant le mouvement du piston.

Ce corps solide est une simple corde dont la matière peut varier suivant les divers cas; la corde en boyau est d'un très-bon emploi, sa malléabilité permettant de l'enrouler facilement, et, par sa nature même, peut résister à des efforts de traction et de compression; de plus, elle se conserve parfaitement dans l'huile. Or, cette corde à boyau passe d'une poulie ou bobine extérieure à travers un presse-étoupe sur une seconde poulie placée à l'intérieur d'un récipient contenant le liquide, qui est ordinairement de l'huile, et en communication directe avec le corps de la presse hydraulique qui renferme le piston. En outre, les axes de ces poulies sont garnis de manivelles qui permettent à l'opérateur de les faire tourner librement.

Par ce simple exposé, on se rend aisément compte que, si l'on enroule la corde de la première poulie extérieure sur celle logée dans l'intérieur du récipient rempli d'huile, en communication avec le corps de presse occupé par le piston, le volume de cette corde s'accroissant avec le nombre de tours, fait nécessairement déplacer l'huile, ce qui, par conséquent, force le piston à se mouvoir, très-lentement à la vérité, mais par cela même en exerçant une pression graduelle, absente des chocs qui se produisent avec les pompes, et qui peut être, comme avec celles-ci, très-considérable, et cela en dépensant proportionnellement peu de puissance, laquelle est, du reste, facile à apprécier, puisqu'elle résulte du rapport de la section de la corde avec celle du piston de la presse.

On se rendra mieux compte des dispositions toutes spéciales de ces nouveaux appareils en examinant les fig. 1 à 5 de la pl. 5, qui représente une presse simple d'un petit modèle, et une pompe double qui peut être utilisée pour faire fonctionner une presse hydraulique quelconque du système ordinaire.

DESCRIPTION DE LA PRESSE STERHYDRAULIQUE,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 ET 2 PL. 5.

La petite presse horizontale représentée en section verticale fig. 1 et en section horizontale fig. 2, est calculée pour exercer une pression qui peut s'élever à 50,000 kilogrammes; elle a été construite pour le Conservatoire impérial des Arts-et-Métiers, en vue d'expériences sur la résistance des matériaux que poursuit le savant professeur de mécanique, M. Tresca, sous-directeur de cet établissement.

Cette presse peut être considérée comme le spécimen le plus simple réalisant l'application du nouveau système. On voit qu'elle se compose du gros cylindre en fonte A, dans lequel peut se mouvoir comme d'ordinaire le piston plein B, dont le joint est obtenu au moyen du cuir embouti *a*. A ce cylindre est relié, par quatre fortes colonnes en fer C, le sommier D entre lequel et la table du piston se placent les matières que l'on veut soumettre à la pression.

Avec le fond du cylindre A est fondu le récipient circulaire A′, dont le centre est muni de deux ouvertures pour le passage de l'arbre en fer *e* sur lequel est fixée la poulie à joues E.

Cette poulie est exécutée en deux pièces pour rendre possible son introduction par l'ouverture du piston, à l'intérieur du récipient; lequel, d'un autre côté, on a tenu à faire venir de fonte avec le cylindre, afin qu'il n'y ait pas de joints; car dans ces sortes d'appareils soumis à des pressions excessives, il faut les éviter à tout prix. Aussi, pour qu'il n'y ait pas de fuite, les deux presse-étoupe *a′*, qui laissent passer l'axe *e* de la bobine E, sont pourvus, comme on peut le voir fig. 2, en outre d'une garniture de chanvre, de deux cuirs emboutis.

Un autre presse-étoupe *b* est encore ménagé vers le fond du récipient pour le passage de la corde à boyau *c*, qui, de la bobine intérieure, se rend sur celle extérieure F et réciproquement. Afin de faciliter le mouvement et empêcher autant que possible le frottement de cette corde sur le métal, les extrémités de cette boîte sont évasées; de plus, la bague en bronze formant généralement le fond des presse-étoupe est remplacée par une bague en cuir embouti de même forme.

Par ce dispositif, on a pu parer aux inconvénients qui paraissent devoir résulter du changement de direction que prend la corde au fur et à mesure de son enroulement sur la bobine.

On pouvait craindre cependant que l'étanchéité de ce presse-étoupe laissât à désirer après un certain temps de service, mais le fonctionnement prolongé de l'appareil a permis de constater qu'il n'en était rien; on a reconnu que la corde, entrant dans le récipient avec une assez grande vitesse relative et dans le sens opposé au mouvement du liquide, entraînait les petites quantités que la pression intérieure tend à faire échapper.

Comme il se produit un petit écoulement à l'entrée du presse-étoupe, provenant, non d'une fuite, mais de l'essorage de la corde, qui, à sa sortie du récipient, est enduite d'une mince couche d'huile, on a placé en dessous un petit godet en fer blanc *f*, qui est destiné à recevoir ce liquide.

On remarque que la bobine extérieure F, dont l'axe *g* est porté par le support à deux branches G, est d'un diamètre un peu plus grand que la bobine intérieure E, de telle sorte que la vitesse de sortie de la corde, lorsqu'on agit à l'aide de la manivelle M sur l'axe *g*, est plus grande, afin

que le recul du piston, sous l'effort de la pression atmosphérique, si le serrage du cuir embouti le permet ou à l'aide d'un contre-poids, comme on le produit ordinairement dans les fortes presses, puisse s'opérer plus rapidement que son avancement, lequel est produit, comme on l'a vu, lorsque, contrairement, on fait passer la corde de la bobine F sur celle E, en montant la manivelle M sur le carré de l'arbre *e* de cette dernière bobine.

Il est bien entendu qu'au lieu d'une manivelle, on pourrait donner le mouvement nécessaire à l'enroulement de la corde, alternativement sur l'une et l'autre des bobines E et F, au moyen de poulies et de courroies actionnées par un moteur quelconque; mais ici, pour cette petite presse, le mouvement à la main est d'autant plus utile qu'elle est destinée, comme nous l'avons dit, à l'essai de matériaux de construction, et que, dans ce cas, l'opérateur doit pouvoir agir lentement, d'une façon continue, afin de ne pas briser la matière sous un choc.

Pour reconnaître à quel degré de pression la rupture a lieu, on a pourvu le récipient d'un manomètre *m*, monté sur une bride du robinet à deux eaux H, lequel est fondu avec un petit godet qui permet l'introduction de l'huile nécessaire au fonctionnement de l'appareil.

Une presse du système que nous venons de décrire fonctionne depuis près d'une année, sans qu'on ait eu ni à remplacer la corde à boyau, ni à changer la garniture de son presse-étoupe.

En conjuguant deux presses semblables à ce modèle, c'est-à-dire en les plaçant bout à bout inversement, de façon que la bobine extérieure de l'une tienne lieu de la bobine intérieure de l'autre, on aurait ainsi deux presses qui seraient alternativement en pression.

A ce premier dispositif, MM. Desgoffe et Ollivier substituent le suivant qui n'est pas une presse proprement dite, mais bien une sorte de pompe d'injection qu'ils proposent d'appliquer, lorsque le volume du liquide à déplacer pour obtenir la marche du piston devient un peu considérable.

DESCRIPTION DE LA POMPE STERHYDRAULIQUE,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 3 A 5 DE LA PL. 5.

La fig. 3 est une élévation de cet appareil, partie vue en coupe et partie extérieurement.

Les fig. 4 et 5 en sont deux sections transversales, l'une faite suivant la ligne 1-2, et l'autre par la ligne 3-4.

L'inspection de ces figures fait reconnaître l'analogie qui existe entre cette pompe et l'appareil-annexe de la presse qui vient d'être décrite; seulement ici, au lieu d'un seul récipient, il y en a deux A A' montés sur une même bâche B, et reliés par une boîte en fonte C munie de deux clapets de refoulement *d*.

Les deux récipients contiennent chacun une bobine E et un presse-étoupe *b* pour le passage de la corde, que l'on fait s'enrouler et se dérouler alternativement d'une bobine sur l'autre, de telle sorte que, par son introduction, elle produit la pression dans l'un des récipients, pendant qu'en se retirant elle fait le vide dans l'autre.

Quand le refoulement du liquide se produit d'un côté, le clapet correspondant *d* se soulève pour lui livrer passage, et se rendre par le tuyau T dans le corps de presse.

Pendant ce temps, il se produit un vide dans le récipient voisin; sa soupape de refoulement *d* reste naturellement appliquée sur son siége, tandis que la soupape inférieure d'aspiration *s*, fermant l'orifice du tube plongeur D, et s'ouvrant du dehors au dedans, permet à l'huile contenue dans la bâche de remplacer dans ce récipient la quantité d'huile correspondante au volume de la corde déplacée.

Les récipients et leurs soupapes constituent ainsi deux pompes foulantes à simple effet travaillant alternativement, mais dont les pistons plongeurs fournissent une course qui n'est limitée que par les dimensions des bobines sur lesquelles s'enroule la corde à boyau *c*.

Au-dessus de la boîte des clapets de refoulement sont vissés deux bouchons *d'*, servant à la fois à limiter la course desdits clapets et à fermer les ouvertures qui servent à les introduire et à les visiter. Cette boîte est encore munie d'un robinet *r* et d'un bouchon conique à vis *r'*, qui servent, quand la presse a produit son action, à faire revenir le liquide dans la bâche par le tuyau T' (fig. 5). Dans ce cas, on ferme le bouchon r', et on ouvre le robinet *r*. L'inverse doit avoir lieu naturellement quand on établit la pression.

Les bobines sont formées de joues à ailettes rapportées avec des segments sur le moyeu, afin de pouvoir les introduire par l'ouverture ménagée à la partie inférieure de chaque récipient. Pour les monter, on introduit d'abord le moyeu, on le place sur l'arbre *e*, et on y attache, au moyen de vis, chacun des segments.

La poulie étant montée, on ferme l'ouverture par le renflement cylindrique D', fondu avec le tuyau d'aspiration D et avec un empâtement qui sert à le fixer solidement par les vis à écrou *v* au récipient; l'herméticité du joint est assurée par le cuir embouti *a*, que les constructeurs ont eu le soin d'ajouter à l'intérieur de la tubulure.

Enfin, deux soupapes de sureté *s'*, maintenues fermées par les leviers L, garnis des contre-poids P, complètent les organes de cette nouvelle pompe.

Le mouvement de rotation alternatif des bobines s'obtient en alternant le sens, soit par des hommes qui tournent un certain nombre de tours dans un sens puis dans l'autre, soit par des poulies dont un système de débrayage renverse périodiquement le mouvement.

On a objecté que dans cette dernière application, où les auteurs se

sont trouvés dans la nécessité d'employer des clapets, ils arrivaient par cela même à supprimer l'un des avantages les plus appréciés du système. A cela, ils répondent que, en outre que les fuites du petit piston n'existent plus, par suite de la suppression des coups de bélier et de l'accélération due à la transformation du mouvement, les clapets sont employés ici dans des conditions infiniment meilleures que dans les presses hydrauliques en usage.

En effet, lorsque sur une pompe sterhydraulique, avec une corde de 1 centimètre de diamètre et 50 mètres de longueur, par exemple, on aura produit l'enroulement, chacun des clapets se sera soulevé et fermé une fois, tandis qu'avec les pompes d'injection ordinaire, pour introduire le même volume, en employant la même force et un piston de $0^{m}01$ avec $0^{m}10$ de course, il aura fallu 500 manœuvres nécessitant 500 fois le soulèvement et la fermeture des clapets.

On voit dans quel rapport pourra être l'usure des clapets avec celle de la pompe du nouveau système, et par suite la diminution énorme des fuites dues à leur emploi.

PUISSANCE DES APPAREILS STERHYDRAULIQUES.

La puissance de ces appareils et l'effort nécessaire pour les faire fonctionner peuvent se déterminer d'une façon tout aussi simple que celles des presses hydrauliques en usage.

Ainsi, prenons pour exemple la petite presse représentée fig. 1 et 2, dont le piston renfermé dans le corps de presse a $0^{m}16$ de diamètre, et la course totale $0^{m}12$. La section s de ce piston est :

$$s = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,1416 \times 0,16^2}{4} = 0^{m.q.}0201 = 201^{c.q.}$$

par suite le volume v qu'il est susceptible d'engendrer, en parcourant sa course entière est :

$$v = 201 \times 12 = 2612 \text{ centimètres cubes.}$$

Le diamètre D de la bobine renfermée dans le récipient est de $0^{m}10$, et celui d' de la corde à boyau qui vient l'envelopper de $0^{m}008$, ou 8 millimètres.

On a, d'une part, pour la circonférence C de la poulie :

$$C = \pi D = 3,1416 \times 0^{m}10 = 0^{m}3141 = 31^{c}41,$$

et, d'autre part, pour la section s' de la corde :

$$s' = \frac{\pi d'^2}{4} = \frac{3,1416 \times 0^{c.}8^2}{4} = 0^{c.q.}50.$$

Par conséquent, pour un tour entier donné à la manivelle, la corde est entrée dans le cylindre ou corps de presse d'une quantité :

$$v' = 31,41 \times 0^{c.q.}50 = 15^{c.c.}70.$$

Or, puisque le volume total v engendré par le piston, avec la course de $0^{m}12$, est égal à $2612^{c.c.}$, on voit qu'il faudra faire :

2612 : 15,70 = 166 révolutions entières

pour que le piston parcoure toute sa course, en admettant toutefois que la corde ne s'enveloppe, à chaque tour, que d'une même quantité, c'est-à-dire qu'elle ne vienne pas se couvrir. Le nombre sera évidemment moindre si elle s'enroule sur elle-même, puisqu'alors le diamètre de la poulie est augmenté pour chaque tour supposé de celui de la corde, ce qui a nécessairement lieu en pratique.

D'un autre côté, comme la section du piston est égale à $201^{c.q.}$, on trouve qu'il s'avance de

$$15,70 : 201 = 0^{c}078.$$

ou moins de 8/10 de millimètre par chaque révolution.

Maintenant, admettons que le rayon de la manivelle qui fait tourner la bobine soit de $0^{m}35$, ou sept fois celui de cette dernière, et que l'effort de l'homme chargé de la manœuvrer, soit d'abord de 10 kilog., puis successivement de 20 et de 30 kilog., il est évident que cet effort est septuple sur la circonférence de la bobine, et par suite sur la corde qui vient l'envelopper.

C'est-à-dire qu'il sera de 70, 140 et 210 kilogrammes.

Et comme le rapport entre la surface du piston presseur et la section de cette corde est de 201 à 0,50 ou 402, on trouve que la pression effective transmise par ce piston peut, en définitive, s'élever théoriquement à

70 × 402 = 28140 kilogrammes.
140 × 402 = 56280 »
210 × 402 = 84420 »

Ainsi, on voit qu'avec une faible dépense de force, on peut obtenir par un tel système, comme avec la presse hydraulique connue, des pressions très-considérables.

Nous avons fait observer que le diamètre de la bobine augmente, par suite, le rapport qui existe entre le rayon de celle-ci, et celui de la manivelle motrice diminue, ce qui ramène le calcul à l'effort maximum de 50,000 kilogrammes, pour lequel cette presse a été établie.

On sait que généralement on estime la puissance de l'homme appliquée à une manivelle, équivalente à 6 kilogrammètres en moyenne par

seconde, lorsqu'il travaille d'une manière continue pendant plusieurs heures; ce que l'on peut exprimer par un poids de 10 kilogrammes, élevé en une seconde à une hauteur verticale de 0m60. Soit alors pour la vitesse transmise à l'axe,

$$\frac{0.60 \times 60}{0.35 \times 3.14} = 33 \text{ tours } 66$$

par minute avec la manivelle de 0m35 de rayon.

Mais on sait aussi que la force qu'il est susceptible de déployer, quand il n'opère que pendant quelques minutes, peut être beaucoup plus grande; il n'est donc pas surprenant de supposer qu'il est capable d'exercer dans l'application qui nous occupe, un effort de 25 à 30 kilogrammes et plus sur la soie ou la circonférence de la manivelle, d'autant plus que la vitesse est alors notablement réduite.

En divisant le temps de l'opération qui, comme on va le reconnaître, est de peu de durée, en quatre périodes égales, par exemple, si on admet que pendant la première, la vitesse soit de 30 tours par minute, puis que dans les suivantes elle ne soit plus que de 24, 18 et 12 tours, on aurait, en définitive, pour la vitesse moyenne

$$\frac{30 + 24 + 18 + 12}{4} = 21 \text{ révolutions par minute.}$$

Par suite, avec l'hypothèse précédente de 166 tours pour effectuer la course entière de 0m12, on reconnait que le temps nécessaire à une pressée complète serait de

$$\frac{166}{21} = 7' 90'' \text{ ou 8 minutes environ.}$$

On voit donc, en résumé, que ces nouvelles presses sterhydrauliques satisfont complétement aux conditions de marche et de fonctionnement des presses hydrauliques en usage, et de plus qu'elles présentent sur celles-ci, surtout pour les modèles de petites et de moyennes dimensions applicables à un grand nombre de petites industries, des avantages qui sont très-appréciables sous le double rapport d'une transmission de mouvement à la fois plus simple, au besoin plus rapide et toujours plus régulière, en même temps que le coût d'établissement et les frais d'entretien sont moins élevés.

PRESSE HYDRAULIQUE HORIZONTALE

CHAUFFÉE PAR LA VAPEUR

CONSTRUITE

Par la Société JOHN COCKERILL, à Seraing (Belgique)

(PLANCHE 5, FIG. 6 A 9)

Dans la fabrication des bougies stéariques et aussi pour l'extraction de l'huile, on fait usage, comme on sait, de presses hydrauliques horizontales dans lesquelles les matières à presser, renfermées dans des sacs en étendelles, sont soumises à l'action énergique du piston, entre deux plaques chaudes en fonte. Déjà, dans les vol. II et X de ce Recueil, nous avons donné les dessins de deux presses de ce genre, l'une pour la stéarine, l'autre pour une huilerie, toutes deux ayant leurs parois latérales chauffées à la vapeur.

Ce chauffage, qui est d'un très-bon effet, n'est pourtant pas suffisant, surtout pour la stéarine, et l'on est, en outre, obligé, pour obtenir une action plus énergique, de chauffer les plaques qui séparent entre eux les gâteaux d'acide gras enveloppés de serge et renfermés dans l'étendelle en tissu de crin épais; on chauffe ordinairement ces plaques soit en les plongeant à chaque opération dans une caisse d'eau bouillante, soit en les laissant séjourner quelque temps à l'intérieur d'une chambre dans laquelle on fait arriver de la vapeur.

Dans quelques usines on chauffe toutes les plaques et les parois de la presse au moyen de deux tubes latéraux qui règnent sur toute sa longueur, et distribuent par de petits trous la vapeur d'un bout à l'autre; on fait cette injection après avoir couvert la caisse où la pressée est produite avec des plaques, et quelques instants avant de charger la presse.

Enfin, tout en évitant l'embarras de retirer les plaques de l'intérieur de la caisse, on est arrivé à les chauffer d'une façon à la fois plus simple et plus complète en les faisant creuses, et à compartiments afin d'y laisser circuler la vapeur, laquelle est amenée dans toutes les plaques à la fois par des tubes articulés en communication avec une conduite principale.

Ces tubes sont reliés aux plaques par une sorte d'étui qui permet leur rapprochement à mesure que la pression les resserre.

Comme nous n'avons pas encore fait connaître ce système de chauffage des plaques, qui est du reste adopté depuis longtemps déjà dans les usines bien installées, nous allons en donner une description détaillée en nous aidant des fig. 6 à 10 de la pl. 5, qui représente une presse stéarine d'une grande puissance (600,000 à 700,000 kilogrammes), très-bien construite par la société Cockerill qui possède l'important établissement de Seraing, en Belgique (1).

La fig. 6 montre cette presse en section longitudinale passant par l'axe du cylindre et de son piston.

La fig. 7 est une vue par bout du côté de l'arrière.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/30 de l'exécution.

La fig. 8 est une section transversale, à une échelle double des figures précédentes, de la caisse dans laquelle se placent les matières à presser et passant par l'une des plaques de pression.

La fig. 9 représente l'une de ces plaques, en section suivant son épaisseur.

La fig. 10 montre en détail, à l'échelle de 1/10, le mode d'assemblage des tubes articulés qui amènent la vapeur à l'intérieur des plaques.

Presse hydraulique. — Comme on le voit fig. 6, le corps de la presse consiste en un cylindre en fonte A, de 16 centimètres d'épaisseur, dans lequel se meut le piston B aussi en fonte, dont la tête est réunie par la tige en fer a, à la table C agissant contre les matières à presser.

Le plateau D, sur lequel réagit l'effort, est réuni au corps A par quatre colonnes ou tirants en fer forgé E, présentant, aux deux bouts, des bourrelets E′ formant épaulement; ces tirants se logent simplement dans des entailles semi-circulaires, ménagées soit dans le plateau D, soit dans le renflement rectangulaire formant la tête de la presse; de fortes nervures d ceignent non-seulement le plateau, mais sont distribuées sur toute sa surface, qu'elles fortifient et roidissent surtout aux angles; de cette sorte, la pression entière se décompose en quatre parties égales agissant à l'endroit des entailles qui reçoivent les tirants.

Ces derniers sont retenus au moyen des deux pièces de couverture C′ formant encadrement et socle, et simplement boulonnées de part et d'autre du plateau D et de la tête du piston de la presse. Ces pièces n'ont aucun effort à supporter, elles maintiennent seulement les tirants dans leurs entailles respectives et permettent, par leur démontage facile, de les enlever et de les remettre en place avec promptitude si la ma-

(1) Nous empruntons le dessin et la description de cette presse au *Portefeuille de John Cockerill*, qui comprend la *description des machines construites dans les établissements de Seraing depuis leur fondation jusqu'à ce jour.* (Librairie Noblet et Baudry, à Paris.)

nœuvre l'exige. Un ajustement au moyen de clavettes eût présenté moins de sûreté que celui qui vient d'être décrit, et qui convient surtout pour de très-fortes pressions; une mortaise pratiquée dans le tirant exigeait une augmentation du diamètre de la partie percée, et les clavettes, quelle que soit leur force, sont sujettes à se gauchir, et peuvent entamer et fendre les surfaces contre lesquelles elles agissent bien plus tôt que l'épaulement circulaire, qui distribue mieux l'effort.

Les matières à presser sont disposées dans une sorte de bâche en fonte en plusieurs pièces, formée de deux joues ou flasques F et F′ (fig. 8). Le fond G, dans lequel tombent les acides extraits et la vapeur condensée, est formé par la réunion de deux plans qui sont inclinés l'un vers l'autre; à l'arête d'intersection de ces plans sont branchés deux tuyaux g et g', par lesquels s'écoulent les produits de l'opération.

Les deux parties verticales ou rebords de ce fond sont boulonnées aux parois F et F′ qui, constituant la bâche, sont d'une forte épaisseur et munies en dessus d'un rebord en retour d'équerre (fig. 8) bien dressé, formant comme une sorte de voie sur laquelle roulent les deux galets H, calés sur un arbre transversal engagé dans une douille venue de fonte avec la tête du piston. Le poids de ce dernier est donc, en partie, supporté par cette espèce de chariot, et la partie inférieure de la garniture, sur laquelle s'exerce particulièrement le frottement dû à ce poids, en est d'autant moins fatiguée et usée.

Deux colonnes en fonte I, recevant la poulie à gorge N, sont établies sur la tête de presse. Ellès servent de supports au contre-poids X formé par la réunion de plaques circulaires en fonte, et relié au piston de la presse par une chaine O passant sur la poulie de renvoi o. Ce contre-poids permet de ramener avec facilité le piston de la presse arrivé au bout de sa course. Le piston étant très-lourd et son frottement dans les anneaux en cuir de garniture fort considérable, il faudrait, sans cette disposition un assez grand déploiement d'effort pour le rentrer dans le corps de la presse.

Vingt-six plaques P, à double paroi en fer, destinées à chauffer les tourteaux, sont distribuées à intervalles égaux, suivant toute la longueur de la bâche; un jeu de 10 millimètres est ménagé transversalement, de part et d'autre, entre ses parois verticales, et les côtés des plaques, dont les deux fonds sont en tôle bien rivées à des bandes d'épaisseur p et p' (fig. 8 et 9) en fer forgé, forment cadre, de telle façon qu'il existe entre eux un espace libre de 0,018 de profondeur.

Cet espace est partagé en cinq cellules à zones verticales par des cloisons intérieures P′, aussi en fer forgé et rivées, ayant toutes communication entre elles, mais chacune à chacune par les extrémités opposées, de manière à obtenir des courants de vapeur contrariés, c'est-à-dire alternativement dirigés de bas en haut et réciproquement.

Les pains ou gâteaux d'acide sont placés dans la bâche entre deux

plaques consécutives dans des étendelles en crin, comme on le voit fig. 6; l'espace qui sépare les premières est moyennement de 0m080.

A leur partie supérieure est rivée une bande en fer p', de 662 millimètres de largeur, faisant saillie sur les deux côtés verticaux de la bâche, pour reposer sur les bords en retour d'équerre qui servent, comme on l'a vu, de table et de guide, et supportent le poids assez considérable des appareils chauffeurs.

On conçoit que ceux-ci doivent présenter des dimensions très-fortes puisqu'ils sont aussi soumis à l'énorme pression développée qui les aurait bientôt déformés et écrasés, si les cloisons verticales qui les divisent en plusieurs canaux ou compartiments n'assuraient à chacun des fonds une force de résistance supérieure encore à cet effort.

Tubes articulés. — La distribution de vapeur dans ces appareils ne peut s'opérer au moyen de conduits à joints rigides, puisque à mesure que l'opération avance et que la pression s'élève, les matières qui y sont soumises diminuent de volume, et que vers la fin il n'y a plus qu'une partie assez faible de la longueur de la bâche occupée par celles-ci, les plaques ayant marché en avant et glissé sur les deux rebords ou tables d'assise. Les tuyaux distributeurs doivent donc être articulés, leurs joints restant bien étanches, et il faut que chacun d'eux suive la plaque dont il est solidaire dans son déplacement horizontal.

A cet effet un tuyau de conduite K, en laiton, est disposé au-dessus de la bâche et est supporté, d'une part, par la colonnette en fonte J, et de l'autre I, par une console boulonnée aux piliers I'. La vapeur y débouche par les deux extrémités qui sont assemblées avec le tuyau d'arrivée en cuivre rouge H.

Avec la conduite K sont venues de fonte vingt-six petites boîtes à étoupes k (fig. 10), munies d'un chapeau à vis de serrage, et dans lesquelles s'engagent, en pareil nombre, les tuyaux coudés en fer L, d'un diamètre intérieur de deux centimètres. Chacun de ceux-ci pénètrent par leur extrémité inférieure dans une sorte de fourreau en laiton M', muni par le bas d'un petit robinet l et, en outre, d'une boîte à étoupe m, semblable à celle de la conduite de distribution générale.

Les fourreaux sont terminés par une partie conique formant coude à angle droit sous le robinet de fermeture, et s'engageant dans une tubulure fondue avec la plaque d'assise n, fortement boulonnée à la traverse de support de chaque plaque.

La partie conique du fourreau et la pièce n sont bien rodées l'une dans l'autre, et le joint est rendu étanche, et l'assemblage maintenu par une vis de pression n' agissant suivant l'axe de pénétration. Un trou foré dans la traverse et dans la tôle de couverture de chaque plaque, correspond avec le canal d'arrivée de vapeur.

Lorsque les plaques chauffeuses, poussées par le piston de la presse, marchent en avant, les tuyaux L oscillent dans les boîtes à étoupe k,

formant articulation, et se rapprochent de la perpendiculaire, ainsi que les fourreaux M. La distance qui sépare les articulations *k* et *n*, diminue alors par suite de ce mouvement de transport, puisque la table d'assise est parallèle à la conduite K ; les fourreaux M se rapprochent de plus en plus de la verticale, et les tuyaux L y pénètrent plus profondément en glissant dans leurs boîtes à étoupe. Les robinets *l* permettent de suspendre l'arrivée de la vapeur dans une plaque qui viendrait à céder et qui cesserait d'être étanche.

Deuxième disposition. — La fig. 11 montre une disposition de tube articulé un peu différente de la précédente.

Dans cette dernière, le presse-étoupe du fourreau M′ est remplacé par un piston *r* qui, en glissant, permet l'allongement ou le raccourcissement du tube, tandis que sa double articulation est obtenue, en haut, sur le tuyau d'arrière de la vapeur K′, au moyen du presse-étoupe *k′*, comme dans la première disposition, et en bas, sur la plaque chauffée à l'aide de la pièce en bronze *n* qui y est fixée.

A cet effet, cette pièce est munie de deux tourillons sur lesquels s'ajustent à frottement doux les deux branches de la tubulure en bronze N qui, par un conduit percé dans son épaisseur, amène la vapeur à l'intérieur de la plaque, quelle que soit la position plus ou moins rapprochée qu'occupent entre les parois verticales de la presse les plateaux d'arrière ou d'avant.

BASSINS DE RADOUB

GRANDES FORMES SÈCHES ÉTABLIES AU PORT D'ALGER

Par M. HARDY, ingénieur des ponts et chaussées

PORTES D'ÉCLUSES ET MACHINES D'ÉPUISEMENT

APPLIQUÉES A CES FORMES

Et exécutées par MM. NILLUS et fils, constructeurs au Havre

(PREMIER ARTICLE. — FORMES. — PLANCHE 6)

L'application des formes ou bassins de radoub, pour mettre à sec les carènes des navires à réparer, s'est propagée, depuis plusieurs années dans la plupart des ports maritimes.

On a proposé à ce sujet différents procédés qui ont été appliqués avec plus ou moins de succès et sur des échelles plus ou moins considérables, depuis les *cales* dites *de halage*, jusqu'aux grils et bassins flottants. Des inventeurs et des ingénieurs de mérite se sont occupés de la question, et ont imaginé des appareils, vraiment remarquables, qui sont devenus d'autant plus intéressants qu'ils peuvent s'établir sur des dimensions assez grandes pour recevoir les navires du plus fort tonnage.

Avec l'accroissement rapide du commerce maritime, a augmenté presque partout le volume des bâtiments, de sorte qu'il faut nécessairement que les bassins destinés à les assécher soient eux-mêmes construits dans de larges proportions. Aussi il n'est pas surprenant d'en voir, aujourd'hui qui ont plus de 100 à 120 mètres de longueur, sur 24 à 25 mètres de largeur, et creusés à des profondeurs variables de 9 à 12 mètres et plus.

Quoique ce genre d'appareils paraisse sortir du cadre général que nous avons embrassé dans notre Recueil industriel, il nous a semblé qu'à cause des difficultés et des particularités qu'ils présentent dans l'exécution, il pouvait être d'un certain intérêt pour plusieurs de nos souscripteurs de connaître les moyens puissants que l'on emploie pour leur établissement.

D'ailleurs, il faut bien le dire, ce n'est pas seulement la construction des bassins et de leurs enceintes que l'on a à étudier dans les travaux de cette nature, mais ce sont aussi les accessoires tels que les portes d'écluse avec les engins qui servent à les manœuvrer, et en particulier les machines d'épuisement qui doivent être dans des dimensions en rapport avec celles des formes mêmes qu'elles sont appelées à desservir dans un temps nécessairement limité.

C'est surtout lorsqu'il s'agit d'établir de tels bassins en pleine mer, comme ceux du port d'Alger, que les difficultés d'exécution sont grandes; et les enceintes qu'il faut fonder pour les recevoir sont évidemment les parties les plus délicates sur lesquelles les ingénieurs et les constructeurs doivent apporter toute leur attention.

Nous devons dire que les procédés employés à ce sujet par M. Hardy, ingénieur des ponts et chaussées, pour la construction des deux grandes formes d'Alger, sont, sous ce rapport, très-remarquables, aussi nous avons cru devoir les décrire dans ce Recueil, en profitant pour cela des documents intéressants publiés tout récemment par l'auteur même dans les *Annales des ponts et chaussées.*

Mais auparavant, il nous paraît utile de donner quelques renseignements sur les divers systèmes employés pour assécher les navires, afin de mettre nos lecteurs au courant de cette importante question, et de mieux apprécier le travail relatif aux formes sèches d'Alger, et à leurs appareils d'épuisement.

Nous avons aussi recours, pour cette notice au mémoire qui vient d'être également imprimé dans les mêmes Annales, par M. V. Delacour, ingénieur de la marine, et chargé, comme directeur des travaux des messageries impériales, d'un projet de bassin flottant pour la rade de Bordeaux.

DES DIVERS PROCÉDÉS

USITÉS POUR ASSÉCHER LES BATIMENTS DE MER.

CALES DE HALAGE. — Il y a deux genres de cales de halage : celles à berceau roulant, telles qu'il en existait une autrefois à Bordeaux et dont une semblable fonctionne à la Ciotat, et celles à berceau glissant, dont les arsenaux ont fait usage pour tirer des vaisseaux à terre. Nous allons examiner leur mérite comparatif.

La pente des cales de halage est calculée de manière à mettre à la mer les navires qui y sont halés en les abandonnant à leur propre poids; une inclinaison trop faible empêcherait le lancement, une pente trop forte nécessiterait des retenues puissantes et compromettrait les opérations.

Le chariot de la Ciotat, comme celui de Bordeaux autrefois, roule sur des chemins de fer; extérieurement il est porté par des roulettes ayant 0m12 de diamètre; intérieurement il s'appuie sur des rouleaux sans axe, d'un diamètre

de 0m24. Dans ces conditions, l'inclinaison doit être de 5 pour 100 ou de 5 1/2 pour cent au plus; les navires ont même alors une tendance à descendre trop rapidement. La pente d'une cale à glissement est, comme celle d'une cale de condition ordinaire, de 7 à 7 1/2 pour 100.

Il résulte de ces chiffres que, pour avoir à l'extrémité du plan incliné la hauteur qui convient au tirant d'eau des bâtiments qui doivent y monter, il faut qu'il ait une longueur sous-marine plus considérable pour les cales à roulement que pour les autres, dans le rapport de 7 à 5.

En observant en outre que le chariot de roulement exige plus de hauteur que des coëtes ordinaires, ce qui augmente la longueur à donner au plan incliné, on trouve que le chemin à faire parcourir au navire pour le monter sur une cale de ce genre est beaucoup plus considérable, et précisément dans le rapport inverse des forces de traction.

Ainsi le travail, ou plus exactement la dépense de halage sur les deux genres de cale, est la même, et à ce point de vue elles ne diffèrent que par le moindre effort à exercer pour tirer les bâtiments, économie qui est exactement compensée par la longueur de l'opération.

Pour nous, dit M. Delacour, la vraie cale de halage, la plus rationnelle et la plus économique de construction, est celle à glissement.

La compagnie des forges et chantiers de la Méditerranée en a fait établir une très-considérable à la Seyne; elle est combinée suivant les principes les meilleurs; la traction a lieu au moyen de presses hydrauliques agissant sur un tirant en fer composé de rondins de 0m20 de diamètre, assemblés par des manchons en fonte. Elle peut recevoir des navires de 15 à 2,000 tonneaux. Le coût pour ce poids est de 6 à 700,000 fr. La cale de halage de la Ciotat, qui est à roulement et prolongée à terre de manière à recevoir deux navires bout à bout, coûterait, tant en ce qui concerne les travaux hydrauliques que les appareils accessoires de tous genres, environ 250,000 francs; elle est appropriée à des navires jusqu'à 800 tonneaux de poids seulement.

Cette manière d'assécher les carènes est assurément en elle-même le procédé le plus économique; suivant M. Delacour, ce n'est pas néanmoins le moyen meilleur pour l'entretien du matériel naval; il faut que les plans inclinés soient d'une regularité parfaite et presque impossible à obtenir d'une façon durable sous l'eau, pour que dans les halages les navires s'appuient également dans toute leur longueur et ne subissent pas de pressions irrégulières qui les déforment et les détériorent. Il faut, au reste, un grand calme, des eaux très-limpides et absence complète de courants pour saisir les navires sur les berceaux préparés suivant le tracé de leurs formes. Ces opérations sont délicates, font perdre beaucoup de temps, ne peuvent pas s'effectuer régulièrement, et exigent des préparations assez longues; il en résulte que le nombre des bâtiments qui peuvent être assechés avec cet instrument, dans une année, est très-petit et qu'il rend moins de services que les autres.

A Bordeaux, l'emploi de ces engins présente de grandes difficultés à cause des courants et du manque de limpidité des eaux. M. L. Arman, constructeur de navires dans cette ville, vient d'entreprendre d'y établir une cale particulière à ses frais. Elle est parallèle au lit de la rivière, et le halage se fait en travers. Cet arrangement présente des avantages évidents, puisque les navires qu'on devra échouer sur le berre ne seront pas exposés en travers du courant du fleuve

mais se présenteront en long. Le travail sous-marin y est en principe beaucoup plus considérable que dans les cales ordinaires; le plan incliné doit avoir la longueur des navires au lieu d'une largeur seulement; ce qui donne à la surface pilotée ou bétonnée une étendue six fois plus grande au moins.

Bassins de radoub. — Les bassins de radoub, creusés dans le sol ou édifiés sur le fond de la mer, sont les instruments les meilleurs pour l'asséchement des carènes; les prix de revient sont très-variables suivant les situations dont on fait choix pour leur construction et suivant la nature du sol sur lequel ils reposent.

Les conditions théoriques les meilleures pour faire un bassin consisteraient à le creuser à sec dans le rocher ou dans un terrain naturellement étanche, puis à percer ensuite la communication avec la mer; à Toulon et ailleurs, ils ont été faits dans des emplacements qui étaient désignés par la distribution intérieure des arsenaux, et ils y sont certainement plus coûteux par cela même; leur beau mode d'exécution a été répété dans plusieurs pays étrangers.

Il n'y a pas de marine sans bassins de radoub, et ce n'est que dans des conditions spéciales qu'on doit avoir recours aux diverses combinaisons qui ont été imaginées pour y suppléer.

Appareil Clarke. — L'invention la plus nouvelle et la plus originale est assurément l'appareil construit à Londres, à Victoria Dock, sous le patronage des principaux ingénieurs de l'Angleterre; il a été terminé en 1858 et fonctionne depuis pour assécher les bâtiments; voici la description sommaire qu'en donne M. Delacour :

« Deux lignes de seize colonnes creuses s'étendant à droite et à gauche sont établies sur une fondation sous-marine; elles renferment trente-deux presses hydrauliques mises simultanément en mouvement par une pompe centrale et par une machine à vapeur de quarante chevaux. Ces colonnes sont fondues dans leur partie supérieure pour le passage d'un T, qui monte et descend par le moyen d'une tige appliquée à chaque piston de presse; des tringles renvoient ce mouvement vers le fond, sur des traverses en fer qui vont de la colonne de droite à celle qui est en face, à gauche, dont les presses sont conjuguées.

« Pour soulever un bâtiment, on commence par amener toutes les presses au bas de course, on les égalise, puis on coule un chaland disposé exprès, qui vient reposer au fond sur les seize traverses. On amène le navire et on le place exactement au milieu des deux lignes de colonnes au moyen d'amarres; on règle de même sa disposition en longueur. Quand ces préparatifs sont faits, les trente-deux presses hydrauliques sont mises en mouvement et régularisées par un clavier de robinet que le maître de manœuvre ouvre et ferme à volonté; on sort ainsi le bâtiment et son chaland hors de l'eau dans un temps très-court. Ainsi un clipper de 1,240 tonneaux de poids a été soulevé en vingt minutes.

« On condamne les soupapes qui sont au fond, le chaland devient flotteur et indépendant de l'appareil; on l'emmène, avec le navire qu'il porte, dans un lieu voisin disposé pour le travail de réparation. La mise à flot se fait ensuite par les mêmes procédés exécutés à l'inverse.

« Le mérite principal de cette invention est facile à saisir; à l'appareil élévatoire sont adjoints un certain nombre de chalands, six par exemple. On peut avoir en réparation autant de bâtiments qu'il y a de chalands, tout autant du moins, qu'il est en mesure de suffire aux mouvements de levée et de descente corres-

pondants. Il est aisé de comprendre que, dans ce système ingénieux, les préparatifs absorbent un temps bien plus grand que l'opération principale. Il faut d'abord engager le chaland dans l'espace des colonnes et le descendre au fond en position précise; après avoir mis le navire et le chaland hors de l'eau, on doit la laisser écouler par les soupapes et les refermer; puis faire flotter celui-ci en ouvrant les presses hydrauliques; enfin sortir le navire. Ces mouvements sont fort délicats et exigent un temps assez long : ils seraient impossibles avec du courant et du vent.

L'appareil de Victoria-Dock peut recevoir des navires seulement jusqu'à 80 mètres de longueur et 5m10 de tirant d'eau; la largeur, intérieurement aux colonnes, est de 18m90; on n'y pourrait donc pas introduire des navires à roues de 17 mètres hors tambours, et la limite maximum des poids paraît être d'environ 1,800 tonneaux.

En 1858, M. Clarke proposait de liver un équipage de pompes et de colonnes avec moteur, presses, etc., à Londres pour 30,000 livres, la distance entre les colonnes étant de 23 mètres. M. Pascal, ingénieur en chef du service hydraulique à Marseille, estimait que la dépense des travaux de fondation et de l'établissement des quais devait être comptée, dans des conditions ordinaires, à 600,000 fr. En augmentant donc le prix demandé par M. Clarke d'une somme de 150,000 fr. pour transport, faux frais et dépenses imprévues, on trouve que l'appareil entier coûterait 1,500,000 fr. Le chaland avait 1m50 de hauteur; il a porté un navire en bois qui pesait seulement 1,240 tonneaux, et l'on a dû remplir les extrémités avec de l'eau pour équilibrer et arrêter la flexion; son poids était de 300 tonneaux, boisage compris.

Gril flottant. — Ce système, dont on devait faire une application à Marseille en 1853, consistait à placer le navire sur un grillage en fer appuyé sur deux flotteurs ayant une capacité égale au déplacement du bâtiment à soulever, qui était supposé de 1,100 tonneaux, augmenté du poids propre à l'appareil, des montants en tôle et cornières devaient servir à soutenir les pieds des accores et en même temps à maintenir la stabilité au moyen de quatre pontons, deux à droite et deux à gauche, qui y étaient attachés.

L'expulsion de l'eau des flotteurs aurait été faite par une soufflerie; les flotteurs arrivés hors de l'eau auraient donné à l'ensemble de l'appareil et du navire une stabilité suffisante.

Dans ce système, on repousserait l'eau d'une assez grande profondeur, puisque les flotteurs saisissent les bâtiments au-dessous de leurs quilles; ainsi, pour des paquebots comme ceux du Brésil, on trouve que la hauteur de la colonne d'eau à épuiser ou à refouler par une soufflerie serait au début de 6 mètres, et à la fin de l'opération de 4 mètres environ, ce qui donnerait lieu à une colonne moyenne de 5 mètres et à un travail considérable par rapport à celui à réaliser.

Grils de marée. — On a établi, dans beaucoup de ports anglais, des grillages en bois sur des fondations solides, dans des lieux tranquilles où les grandes marées laissent ces grillages découverts pendant un intervalle de quelques heures; on en voit, à Londres et à Liverpool, dans les avant-ports qui précèdent les écluses des bassins de retenue des docks. Les bâtiments qui n'ont à faire qu'une courte visite de leur carène s'y échouent quand la marée se retire, et sont remis à flot à la marée montante. Il faut de très-grandes différences dans les niveaux de la mer haute et de la mer basse pour que ces procédés puissent

rendre des services appréciables, et laissent les carènes des navires à sec pendant le temps nécessaire aux opérations les plus brèves.

BASSINS FLOTTANTS. — On a fait à Marseille, à Bordeaux et au Havre, des docks flottants en bois, tous arrivés à un degré de vétusté qui rendra assez prochaine leur disparition. On n'a pas pensé à les renouveler par des instruments du même genre; aujourd'hui les navires à vapeur du commerce et les clippers tendent à s'accroître constamment dans leurs dimensions principales et exigent des bassins comparativement très-grands; l'emploi du bois laisse trop d'indécision comme rigidité et comme durée pour qu'il puisse être préféré à celui du fer dans des constructions de l'importance de celle dont nous nous occupons.

M. James Taylor, de Birkenhead, qui s'est fait patenter pour des docks flottants en fer, a combiné une disposition de flotteurs ayant pour but de permettre de lever les navires de petit échantillon hors de l'eau sans épuiser l'intérieur du bassin, mais en pompant l'eau contenue dans une double enveloppe qui forme la paroi extérieure.

En principe, les bassins flottants ont l'avantage d'être économiques pour leurs épuisements, puisqu'il suffit d'une machine d'une puissance trois fois plus petite environ que celle qui conviendrait pour vider dans le même temps un bassin ordinaire de même grandeur. Enfin, il serait possible d'allonger un bassin flottant en fer si, dans l'avenir il devenait insuffisant pour recevoir les navires fréquentant le port qu'il serait appelé à desservir.

Le bassin flottant projeté par M. Delacour pour la rade de Bordeaux, est complétement en fer. Il consiste en une grande caisse, fermée à ses deux extrémités par des portes d'écluse à deux vantaux et garnie de flotteurs étanches calculés pour le tenir sur l'eau quand les portes sont ouvertes et que l'intérieur est rempli. Les dimensions principales sont :

Longueur maximum.	100^{m}50
Largeur extérieure.	23 90
Creux total.	9 90

L'appareil est cylindrique; il a dans toute sa longueur la même forme. »

Ce système a été complétement décrit en 1862 dans les *Annales des ponts et chaussées.*

CONSTRUCTION DES FORMES ET DE LEURS ENCEINTES

FIG. 1 A 16, PLANCHE 6.

Les deux formes de radoub établies récemment dans la partie sud du port d'Alger, sous la direction de l'habile ingénieur, M. Hardy, ont été construites sur des dimensions différentes, et à des profondeurs d'eau variant de 8 à 14 mètres. Le fond est un rocher en nature de gneiss très-accidenté et contenant dans ses anfractuosités du sable vaseux sur des épaisseurs variables de 0^m 20 à 1 mètre.

La partie délicate et difficile du travail dans cette construction, était, comme nous l'avons dit, l'établissement des enceintes. Disons tout de

suite que l'ingénieur s'en est tiré avec le plus grand honneur. La fig. 1re du dessin pl. 6 représente, à l'échelle de 1/2 millimètre par mètre, le plan de la disposition générale des deux enceintes et d'une portion du mur du quai Est, avec l'indication des travaux effectués avant les remblais.

« L'idée qui se présentait le plus naturellement à l'esprit, dit M. Hardy dans son mémoire au sujet de l'exécution de ces enceintes, était d'établir des coffrages en pieux et madriers, dans lesquels on aurait coulé le béton comme dans un moule. Tel avait été aussi le premier mode d'exécution projeté; rien cependant n'était encore arrêté à cet égard, et lorsqu'il s'est agi de faire des propositions définitives, nous avons reculé devant les dangers d'un pareil système. Il y avait lieu surtout de s'inquiéter du peu de résistance que devait offrir à la houle, souvent très-forte dans la partie sud du port, un coffrage de 200 mètres environ de longueur, n'ayant d'autre solidarité avec le terrain que des pieux ayant jusqu'à 14 mètres de longueur, sans fiche, puisque le fond étant de rochers, ils ne pouvaient être fixés que par l'adhérence du ciment. L'accumulation de la laitance dans ces grandes enceintes dont le coulage pouvait durer plus d'une année, et qui, si elle n'est pas prévenue par des extractions très-dispendieuses, peut avoir sur la perméabilité du béton la plus funeste influence, était aussi un sujet de grave préoccupation. Nous avions vu, au contraire, les coulages de béton, pour murs de quai, dans des caisses sans fond de 200 à 300 mètres cubes, venir à bien sans aucune précaution contre la laitance.

« Une circonstance nous détermina à proposer un mode analogue pour l'établissement des enceintes des formes. On creusait dans le moment un bassin de 50 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur, dans un terre-plein de quai dont le mur en béton avait été coulé dans des caisses sans fond. Nous nous étions servi de ce mur comme de batardeau, et bien qu'il n'eût été fait ni avec les épaisseurs ni avec les précautions que comportait ce rôle, l'étanchéité fut presque complète; on était fondé à en conclure que la soudure entre les blocs de béton coulés dans les caisses à diverses époques pouvait être assez intime pour prévenir toute filtration compromettante, et nous nous sommes décidé, à partir de ce moment, à substituer, dans le projet, les caisses isolées aux enceintes continues qui nous paraissaient présenter des inconvénients de plus d'un genre. Le creusement de ce bassin nous apprit encore une chose importante : c'est que la roche qui forme le fond du port d'Alger est peu perméable, puisque, avec une sous-pression de 6 mètres environ, on pouvait entretenir à sec une superficie de 1,500 mètres carrés avec une seule pompe Letestu de 0m 40 de diamètre. Nous crûmes dès lors inutile de comprendre dans le projet un radier général en béton, quitte à y revenir en cours d'exécution, si les premiers essais d'épuisement en indiquaient la nécessité.

« Les caisses sans fond avaient été employées jusqu'alors au port d'Alger par des profondeurs d'eau de 7 mètres au plus, et dans ces profondeurs extrêmes on avait quelque peine à les bien mettre en place, lorsque le fond était accidenté, parce qu'alors les poteaux des panneaux glissaient sur les parties déclives du rocher. C'était donc encore une question de savoir si l'on pourrait appliquer le même procédé avec succès dans des profondeurs à peu près doubles et sur des fonds très-irréguliers. Le découpage du panneau des caisses à la demande du

fond avait aussi le grand inconvénient d'affaiblir les poteaux qu'on était obligé successivement de couper pour les raccourcir ou d'enter pour les allonger.

« Nous avons pensé qu'on pourrait éviter ces inconvénients, tout en donnant plus de solidité à la caisse par la possibilité d'assembler les extrémités inférieures des poteaux dans une pièce invariable, en préparant sur le fond une base horizontale en béton de ciment de Vassy posé au scaphandre; il suffisait que cette base débordât la semelle de la caisse de 0m20, ce qui lui donnait la forme d'un rectangle formé par quatre murettes de 0m50 environ d'épaisseur, arrasées suivant un plan horizontal passant par la pointe la plus élevée du rocher, à l'emplacement de la caisse ou à un niveau tel que la plus grande caisse qu'on avait à sa disposition pût servir sans modification. Dans ce dernier cas, on devait faire précisément l'inverse de ce qu'on faisait pour les murs de quai, c'est-à-dire qu'on préparait le fond à la demande de la caisse, au lieu de préparer la caisse à la demande du fond.

« Ces murettes formant enceinte inférieure devaient encore avoir le grand avantage de prévenir toute diffusion de béton à la partie inférieure de la caisse; c'eût été là un danger très-sérieux si l'on n'avait pas pris cette précaution, parce que, dans les grandes profondeurs, il eût été très-difficile de faire épouser d'une manière complète le rocher par le panneau. On fit l'application des dispositions dont nous venons de donner une idée générale au coulage d'une caisse d'essai, et la réussite complète de l'opération permit de les introduire dans le projet de construction des formes de radoub avec toute l'autorité que donne l'expérience.

« Sur l'avis du conseil général des ponts et chaussés, le projet d'enceinte au moyen de caisses isolées échouées sur murettes fut approuvé par M. le ministre de l'Algérie et des colonies le 27 octobre 1859, et c'est dans le système que nous venons d'indiquer qu'ont été coulés le mur de tête commun aux deux formes et l'enceinte de la grande. Quant à l'enceinte de la petite, comme les profondeurs *maxima* n'excédaient guère 8 mètres, nous crûmes pouvoir nous dispenser de faire les murettes en ciment, et les caisses furent découpées à la demande du fond; aussi cette dernière enceinte est-elle bien moins régulière que la grande; les caisses ont donné beaucoup plus de peine à placer convenablement; il y a même eu quelques accidents provenant de l'affaiblissement des poteaux par suite du rentage. En résumé, l'expérience du coulage de cette seconde forme nous a convaincu que si l'on avait fait de même pour la grande, où les fonds allaient jusqu'à 14 mètres, ce n'aurait pas été sans infiniment de peines et sans de très-graves accidents, qu'on serait parvenu à faire une enceinte beaucoup moins régulière que celle qui a été faite; sur les points les plus exposés, comme dans le mur de tête, par exemple (*fig.* 1), on n'aurait même pas été bien certain de réussir. Quant aux coffrages continus, comme on peut en employer dans les eaux tranquilles, les assauts qu'ont eus à supporter les caisses isolées et auxquels elles ont résisté la plupart du temps parce qu'elles n'offraient que peu de surface à la houle, nous ont donné la certitude qu'ils auraient été brisés avant même d'être achevés. Le grand avantage de ces caisses sur les coffrages continus, c'est qu'on pouvait attendre, pour les mettre en place, que le temps fût bien disposé et que, si par malheur il changeait avant qu'elles ne fussent suffisamment lestées par le béton, l'avarie se réduisait à la perte d'un peu de béton et à la dégradation plus ou moins forte de la caisse; tandis que, le coffrage con-

tinu devant toujours tenir la mer, il n'y aurait pas eu un seul coup de mer qui n'eût signalé son apparition par quelque grand désastre.

« Les caisses isolées étant coulées sur le même alignement à distance convenable pour le placement de deux ou trois rangs de trémies, on les réunissait par des entre-deux formés de deux panneaux appliqués sur les grands côtés de deux caisses contiguës, et serrés l'un contre l'autre par des boulons; on préparait également une base horizontale pour ne pas avoir à découper les panneaux; mais alors il n'y avait plus à faire que deux murettes en prolongement des grands côtés des rectangles qui avaient servi de base aux caisses. »

Après avoir ainsi fait voir le procédé qu'il a adopté au port d'Alger, M. Hardy est entré dans quelques développements sur l'exécution même des travaux. Nous aimons à en extraire les principales parties.

Sur la fig. 1re on a représenté, par des hachures serrées, le béton coulé à l'aide des caisses isolées, et, par des hachures plus faibles, celui des entre-deux; les numéros montrent pour chaque enceinte l'ordre dans lequel les coulages ont été effectués.

Caisses a couler le béton. — Les fig. 2 à 4 du dessin pl. 6, représentent l'une de ces caisses, dites *caisses-jalons*, dans les différentes positions qu'on leur a fait prendre pour les monter, puis les lancer à la mer et les échouer.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/400e.; la caisse que nous y avons figurée est l'une de celles appliquées dans la construction de l'enceinte de la petite forme.

Les dimensions principales étaient :

5m 60 sur 4 mètres à la base supérieure,
et 5m 60 sur 6 mètres environ à la base inférieure.

Leur hauteur moyenne était de 10 mètres.

La longueur de 5m 60 répondait au placement de quatre trémies à couler le béton, semblable à celle qui est dessinée fig. 8; on faisait les entre-deux aussi longs que possible (9 à 11 mètres), répondant au placement de 6 à 8 trémies.

Les fig. 5, 6 et 7 représentent en élévation, coupe horizontale et section transversale, une caisse-jalon de plus grandes dimensions, qui a été appliquée à la construction de l'enceinte de la grande forme.

Elle n'avait pas moins de :

11m sur 4m 20, intérieurement à la base supérieure,
et 11m sur 6 mètres environ à la base inférieure,

avec une hauteur moyenne de 10 mètres.

Cette longueur de 11 mètres répondait au placement de huit trémies à béton. Chacune de ces caisses présentait une sorte de tronc de pyramide, dont deux côtés étaient parallèles et les deux autres obliques pour donner plus de largeur à la base des enceintes.

Elle était formée de 4 panneaux, dont deux grands parallèles de mêmes dimensions, et deux autres représentant les petits côtés ; chacun de ces panneaux était composé de forts montants en bois *a*, de 20 centimètres d'équarrissage environ, espacés d'un mètre d'axe en axe, et reliés par des madriers horizontaux *b*, espacés de même, et boulonnés avec les montants, puis garnis sur la face intérieure de planches épaisses et jointives *c*.

Les grands panneaux de la petite caisse étaient en outre consolidés par des croix de Saint-André, et ceux de la grande caisse reliés aux angles par des frettes en fer. Quand la caisse était assemblée, on reliait solidement le tout par de longs boulons *d*, convenablement espacés, et serrés par des écrous à oreilles.

Remarque. — Dans une mer agitée, dit à ce sujet M. Hardy, les caisses qui n'ont d'autres garanties que la solidarité de toutes leurs parties, la plus ou moins parfaite concordance de leurs panneaux avec le fond, les poids dont elles sont chargées et quelques amarres fixées à d'autres caisses déjà coulées ou à des ancres, sont très-exposées aux accidents, d'autant plus que leur coulage dure plus longtemps, tandis que les entre-deux dont les parois sont les petits côtés de deux caisses contiguës et deux panneaux serrés contre ces mêmes caisses, n'ont d'autres chances à courir que l'enlèvement par la mer de quelques planches de leurs panneaux, accident auquel il est très-facile de parer.

La partie délicate du travail était donc le coulage des caisses. M. Hardy a résolu de faire, pour la petite forme, où, par suite de l'absence de murettes en ciment, les chances d'accidents étaient plus grandes, des caisses assez peu longues pour qu'elles puissent être achevées en deux fois vingt-quatre heures.

Coulage de l'enceinte de la petite forme. — La première opération qu'on a dû faire pour la préparation était un sondage très-exact ; pour cela, on plaçait par un temps calme, au moyen d'amarres, à l'endroit où la caisse devait être coulée, un cadre dont le contour extérieur, divisé de $0^m 50$ en $0^m 50$, représentait le rectangle moyen de contact de la caisse avec le rocher. A chaque division, on donnait un coup d'une sonde munie d'une lance, afin de traverser la couche de sable et d'arriver jusqu'au roc, et on mettait tous les poteaux ou montants des panneaux à la longueur indiquée par ce sondage, soit en les sciant, soit en les entant ; on raccordait ensuite les pieds de ces poteaux par des planches découpées à la scie.

Les panneaux de la caisse étant ainsi préparés, on les montait à l'aide de l'appontement A, représenté en élévation fig. 2 ; les quatre côtés étaient d'abord mis à plat, sous les treuils A′ dans l'ordre ci-après : un grand côté, les deux petits côtés et l'autre grand côté par-dessus ; on enlevait celui-ci à l'aide des treuils et on le tenait suspendu au-dessus des autres, à une distance un peu plus grande que la largeur des petits

côtés. On relevait ces derniers verticalement à droite et à gauche, en les faisant pivoter autour de l'arête qui devait s'assembler avec le grand côté à terre : de cette sorte, les quatre côtés se présentaient dans la position suivant laquelle ils devaient être assemblés, ce qu'on faisait au moyen de forts boulons à oreilles. On clouait ensuite de la toile à voile goudronnée au contour inférieur des panneaux et dans les angles, puis l'on plaçait de grands boulons *d* (fig. 6 et 7) destinés à maintenir deux à deux les panneaux opposés. Ces boulons laissaient vides quatre compartiments répondant à chacune des trémies.

Ces préparatifs achevés, on lançait la caisse à l'eau au moyen de crics et d'un fort câble de retenue B; bientôt, saisie à cet effet par des palans suspendus aux bigues C, solidement fixées à l'extrémité d'un ponton D, on la faisait glisser sur une cale flottante E en charpente accrochée au bord du terre-plein : on arrivait ainsi à lui faire prendre la position indiquée sur la fig. 3.

On portait ensuite les points d'attache à la partie supérieure de la caisse, qu'un autre ponton D′, muni de bigues semblables C′, saisissait de même de l'autre côté, de façon à ce qu'elle se trouvât dans la position que montre la fig. 4. On plaçait alors, sur les côtés parallèles à l'axe de la forme, une première rangée de boîtes que l'on chargeait de boulets *e* (fig. 7), et l'on mollissait les palans; la caisse s'enfonçait au tiers environ; on plaçait une seconde rangée de boîtes à boulets *e′*, puis enfin une troisième e^2 à peu de distance au-dessus de la flottaison.

La caisse portait quatre jalons déterminant deux alignements qui devaient correspondre à deux jalons fixés sur la terre ferme. Elle était descendue de cette manière jusqu'à ce que sa partie inférieure portât sur le fond; à ce moment elle se trouvait ordinairement déviée de sa position, à cause de la déclivité des rochers dont on ne pouvait tenir compte qu'approximativement dans le découpage des panneaux. On la relevait et on la replaçait jusqu'à ce que les indications données par les jalons fussent satisfaisantes.

La caisse étant en place, c'est-à-dire descendue à la position indiquée en lignes ponctuées sur la fig. 4, on installait les planchers *f* avec les treuils *g*, destinés à la manœuvre des trémies à couler le béton (fig. 7).

Ces trémies, employées depuis plusieurs années déjà dans les grands travaux hydrauliques de ce genre, sont d'une disposition ingénieuse, comme on peut en juger par le détail, dessiné en coupe verticale fig. 8. Elles forment des espèces de boîtes prismatiques F à fond mobile, et composées de feuilles de tôle rivées sur des bandes de fer plat qui leur donnent toute la solidité désirable.

Le fond se compose de deux clapets inclinés *h*, également en tôle, et qui, assemblés à charnière aux côtés inférieurs de la boîte, s'agrafent, pour se réunir par un déclic, à l'extrémité d'une tringle en fer *i*, guidée dans des douilles, et reliée à sa partie supérieure avec un levier à bas-

cule *j*. A l'autre extrémité de cette bascule est attachée une corde *k* qui reste toujours à la disposition de l'ouvrier chargé de la manœuvre, et qui est assez longue pour permettre à la trémie de descendre à la profondeur voulue.

Attachée par ses quatre angles supérieurs à une chaîne en fer *l*, qui passe sur le tambour du treuil de manœuvre *g*, chaque trémie, dès qu'elle est remplie, est descendue à l'aide de ce treuil, et aussitôt qu'elle est arrivée, on tire la corde *k*, comme on le voit sur la fig. 7, pour déclancher et par suite détacher les deux clapets qui, en s'ouvrant, laissent tomber le béton.

L'opération s'effectue ainsi, très-rapidement, puisque la trémie se vide d'un seul coup; on la remonte immédiatement pour la remplir à nouveau après avoir raccroché les deux clapets à leur tige de déclic.

Le coulage du béton se continuait nuit et jour, par relais de six heures, et la fabrication du béton était réglée de manière à produire 50 mètres cubes de béton par relais; quelquefois moins, quand il y avait des causes de retard, mais jamais plus, parce qu'on avait remarqué que les caisses fatiguaient beaucoup, quand on y coulait dans le même temps une masse plus considérable de béton n'ayant pas encore eu le temps de faire prise. On coulait donc 200 mètres cubes de béton par vingt-quatre heures, et comme les caisses-jalons contenaient de 400 à 500 mètres cubes, c'était l'affaire de deux jours à deux jours et demi.

Après quatre ou cinq jours, le béton avait fait prise et l'on pouvait enlever les caisses à boulets pour les employer sur un autre point. Le dixième ou le onzième jour, on pouvait déshabiller la caisse, ce qu'on faisait facilement en enlevant les boulons à oreilles qui reliaient les poteaux d'angles des deux côtés adjacents. On enlevait aussi les écrous à oreilles des grands boulons d'écartement *d*. Les panneaux échappaient en tirant dessus à peu près horizontalement à l'aide de palans, et les boulons restaient noyés dans le béton.

Toutes les œuvres sous-marines pour l'enlèvement des écrous à oreilles et des boulons des poteaux d'angle, se faisaient par des plongeurs à nu. On n'avait recours au scaphandre qu'exceptionnellement et en cas de quelque difficulté imprévue.

Après avoir échappé les grands boulons, les quatre panneaux flottaient à l'aide des palans appliqués sur les pontons D et D'; on les mettait les uns sur les autres dans l'ordre où ils devaient se trouver pour être montés, on les halait à la cale de l'appontement A, et on les tirait à terre tous ensemble. Les sondages étant faits pour un autre emplacement, on découpait successivement les panneaux à plat dans l'ordre où ils se trouvaient après avoir levé celui qui venait d'être découpé, et l'on remontait la caisse.

Les entre-deux se coulaient exactement de la même manière; seulement on les découpait et on les montait sur place; ils étaient élevés cha-

cun par un ponton et appliqués contre les deux faces des deux caisses parallèlement à l'axe et assez haut pour qu'on pût placer à sec le rang inférieur des boulons destinés à les serrer contre les caisses; après avoir placé trois ou quatre rangs de boulons suivant la profondeur, on fixait sur la dernière traverse du panneau la rangée inférieure des caisses à boulets; on mollissait les palans, et l'on descendait les deux panneaux ensemble jusque sur le rocher, après avoir placé les deux autres rangées de caisses à boulets. Un plongeur à nu descendait ensuite pour serrer les boulons à oreilles, de manière que les panneaux fissent effort sur les blocs de béton contre lesquels ils étaient appliqués.

Le déshabillage se faisait après le même temps et de la même manière que pour les caisses.

Observations. — M. Hardy a le soin de faire remarquer qu'avant de mettre en place, soit une caisse, soit un entre-deux, on mettait la surface du rocher à nu, en enlevant au scaphandre le sable et la laitance qui le recouvraient. Et pour rendre plus intime la jonction de l'entre-deux avec la caisse, on ménageait sur les faces de cette dernière, commune avec l'entre-deux, à l'aide de grains d'orge cloués intérieurement sur les panneaux, des rainsures qui formaient semelles pour le béton de l'entre-deux, et on avait le soin, avant de couler celui-ci, de piquer les faces des deux caisses qu'il devait raccorder.

Coulage de l'enceinte de la grande forme. — La mise en place des caisses et entre-deux de l'enceinte de la grande forme s'est faite exactement de la même manière que pour la petite forme, sauf que l'opération était beaucoup plus prompte et qu'il n'y avait à faire préalablement ni sondage du fond ni découpage des panneaux. A cause de la grande stabilité résultant de ce que le système portait par toute la largeur de la sablière inférieure sur une surface horizontale, on a pu donner sans inconvénient une longueur de 11 mètres aux caisses, correspondant au placement de huit trémies; les plus longs entre-deux pouvaient en recevoir six. Les grandes dimensions de ces caisses forçaient à quelques précautions dans le lançage.

1° Il fallait épontiller la caisse lorsqu'elle était montée sous l'appontement, et l'on ne retirait les épontilles que lorsqu'elle était tenue par les deux pontons;

2° On plaçait une trentaine de barriques sur le côté de la caisse immergée, afin d'en diminuer le poids et de permettre à un seul ponton de la conduire de la cale du lançage à la forme.

Le seul point essentiel par lequel le coulage de l'enceinte de la grande forme a différé du procédé décrit pour l'enceinte de la petite forme étant la préparation préalable de la base au moyen de murettes en béton de ciment, nous nous contenterons de donner quelques détails sur ce genre de construction préparatoire.

On avait construit trois caisses pour la grande forme; une première

de 9 mètres de hauteur, une seconde de 10 mètres et une troisième de 11 mètres; puis une hausse de 1m25 de hauteur représentée par les *fig.* 9 et 10; de sorte que le dessus des caisses devant être arasé à 0m70 au-dessus du zéro du maréomètre, les murettes en béton correspondantes à l'emploi des six hauteurs de caisses différentes qu'il était possible d'obtenir à l'aide de la hausse, devaient être arasées à des profondeurs de 8m30, 9m30, 10m30, 9m65, 10m65 et 11m05.

A l'aide d'un sondage ayant pour but de reconnaître la profondeur de la partie la plus élevée du rocher, on pouvait donc déterminer de suite la position du plan d'arasement des murettes. On avait trouvé, par exemple, pour l'emplacement d'une caisse que la partie la plus élevée du rocher était située à 9m75 au-dessous du zéro du maréomètre, il fallait donc araser les murettes à 9m65 pour employer la première caisse avec la hausse; ce qui correspondait à une hauteur de murette de 0m10 sur la partie la plus élevée du rocher. La hauteur de la caisse déterminée, on connaissait les dimensions de sa base au niveau des murettes, et par conséquent celles du rectangle des murettes qui devaient déborder la sablière de la caisse de 0m28 environ.

On assemblait le cadre rectangulaire, de manière que son contour intégral fût égal au contour extérieur des murettes. Ce cadre portait, à l'intersection de son grand axe, avec les poutrelles dont il était formé, deux jalons de 10 à 12 mètres de longueur servant à reconnaître sa position sous l'eau. A 0m015 environ de la face intérieure du cadre, était vissée une tringle en fer formant coulisse. Des goujons placés, le premier à 0m50 de la paroi intérieure du cadre, et les autres de 0m10 en 0m10 plus loin, étaient fixés sur chaque extrémité des poutrelles vers les angles, et servaient de points d'attache à des tringles à œil parallèles au contour du cadre, et distantes de la face intérieure de ce cadre de 0m50 ou de 0m60 à 0m70, etc. Des montants en fer percés de trous de 0m05 en 0m05, glissant dans des douilles fixées sur les faces extérieures du cadre, et pouvant être rendus solidaires avec le cadre au moyen d'une broche passant dans la douille, formaient des pieds pouvant maintenir le cadre dans une position horizontale, quel que fût le relief du fond.

On descendait le cadre avec des cordages à peu près à l'emplacement que devait occuper la caisse, et à l'aide des deux jalons qu'il portait et dont la tête sortait de 1 mètre à 1m50 de l'eau, on le mettait exactement en place; un homme revêtu du scaphandre était en bas, et quand le cadre était bien placé et à quelques décimètres au-dessus du niveau adopté pour l'arasement des murettes, il mettait les pieds de hauteur à l'aide des broches; il détachait ensuite les cordages qui avaient servi à descendre et à placer le cadre, et celui-ci restait en place au fond de la mer tout à fait indépendant des embarcations, sur lesquelles s'effectuaient les manœuvres extérieures, à l'abri par conséquent des mouvements de la mer. Le cadre étant ainsi posé, on enlevait au scaphandre le sable et la

laitance provenant du coulage des caisses précédentes dans l'emplacement des murettes; cet emplacement était très-nettement indiqué à l'ouvrier du scaphandre par le cadre dont il rapportait de temps en temps la projection sur le fond avec un fil à plomb.

Cette opération a pris des proportions de plus en plus considérables à mesure de l'avancement des travaux de coulage, à cause du dépôt de plus en plus abondant sur le fond de la mer de la laitance qui s'échappait par les joints des caisses et entre-deux. A la fin des travaux de coulage, ce dépôt se présentait sous la forme d'un banc de 0m80 à 1 mètre de puissance, dans lequel les matières étaient stratifiées dans l'ordre de la densité, le sable et la pouzzolane en bas, la portion gélatineuse en haut.

Dans les parties où il y avait beaucoup de sable vaseux, et où, par conséquent, les talus de la tranchée qu'on ouvrait dans l'emplacement de la murette avaient des dispositions à s'ébouler et à remplir cette tranchée, on construisait la murette dès qu'il y avait une petite place nettoyée, et l'ouvrier cimenteur marchait derrière l'ouvrier nettoyeur, ou plutôt derrière celui des ouvriers nettoyeurs qui donnait la dernière main au travail; car il y a eu pour le nettoyage des dernières caisses et entre-deux jusqu'à cinq scaphandres dans l'emplacement à préparer pour le coulage, quatre occupés au nettoyage et un à la pose du béton de ciment. L'ouvrier chargé de ce travail commençait par former, par petites parties, le coffrage dans lequel devait être coulée la murette, ce qu'il faisait de la manière suivante :

Dans la rainure formée par la tringle et la face verticale intérieure du cadre, il glissait des barres de fer verticales espacées de 1 mètre à 1m50; en face il appuyait de semblables barres sur la tringle intérieure, et les fixait à cette tringle au moyen d'un bout de filin ; il posait une plaque en tôle de 2 mètres de longueur et de 0m70 de hauteur sur chacune de ces rangés de barres, et c'est entre ces plaques qu'il déposait le béton de ciment qui lui était descendu dans un seau de 26 litres environ de capacité. Les plaques en tôle portaient des bouts de filin à l'aide desquels on les attachait sur les barres; quand le mur avait plus de 0m70 de hauteur, on relevait les plaques et l'on faisait une nouvelle hauteur de 0m70 au-dessus de la première. Il y a eu des anfractuosités de rocher dans lesquelles les murettes ont été faites ainsi en quatre étages. De 0 mètre à 0m50 de hauteur, la murette devait avoir 0m50 d'épaisseur et 0m10 d'épaisseur en plus pour chaque hauteur de 0m50. Il a eu des murettes qui, partant de 0 mètre, ont eu jusqu'à 2m30 de hauteur; dans ces dernières parties, elles devaient avoir, d'après cette loi, 0m80 d'épaisseur à la base. Ces surcroîts d'épaisseur se trouvaient, bien entendu, en dedans, afin de diminuer d'autant le béton à couler, et la paroi extérieure de la murette était toujours plane.

Un mètre cube de béton pour murette était formé de 640 kilogram-

mes de ciment de Vassy, 0m.c. 70 de sable à grain anguleux et bien pur, et de 0m.c. 90 de pierre cassée.

Un atelier composé de 4 gâcheurs, de cinq manœuvres pour le transport des matières et le service du scaphandre, et de sept poseurs (1), dont un seulement était revêtu du scaphandre, les autres s'occupant des manœuvres extérieures, employaient de 10 à 12 barriques de ciment par jour, soit 2,000 à 2,100 kilogrammes. Le travail, exécuté par la maison Gariel, était payé à raison de 0 fr. 235 le kilogramme de ciment employé, y compris la fourniture du sable et de la pierre cassée; le scaphandre était fourni par l'administration, mais non les ouvriers qui le manœuvraient, non plus que tous les autres outils ou apparaux.

Une fois les murettes arasées, on mettait le rocher à nu dans l'intérieur, et la mise en place de la caisse se faisait ainsi que nous l'avons décrit pour l'enceinte de la petite forme.

Pour la préparation des bases des entre-deux, l'opération était beaucoup plus simple; on plaçait sur les banquettes des murettes des deux caisses adjacentes, et en prolongement l'une de l'autre, une poutrelle garnie intérieurement de la tringle servant à placer les feuilles de tôle, puis une autre à la distance commandée par l'épaisseur à donner à la murette. A la fin du coulage, le fond était tellement recouvert de laitance, qu'on n'aurait pas pu placer la première poutrelle avant le nettoyage; alors l'ouvrier nettoyeur se bornait à tendre d'une caisse à l'autre un cordeau qu'il fixait avec du mortier de ciment et qui lui servait de guide pour son travail. Ce n'était qu'après le nettoyage de l'emplacement de la murette et pour la façonner, qu'on plaçait les poutrelles.

Construction du mur de quai. — Au lieu de faire le mur de quai Est du terre-plein, qui se trouve à gauche de l'entrée des formes, en béton coulé dans des caisses et entre-deux, comme les autres quais du port d'Alger, M. Hardy a préféré utiliser, pour la construction de ce mur, des blocs artificiels, de 15 mètres cubes, préparés en vue de l'exécution d'un brise-lames dont la construction était ajournée.

Ce procédé offrit l'avantage de réduire la dépense à des travaux de main-d'œuvre et d'arriver beaucoup plus tôt à former l'enceinte destinée à protéger les travaux de coulage des enceintes, puisqu'on n'avait qu'à employer des matériaux tout préparés.

L'enrochement qui devait recevoir les caisses et entre-deux de béton était élevé en moyenne jusqu'à 6 mètres environ au-dessous du zéro du maréomètre, mais il y avait certaines pointes de blocs qui s'élevaient à 0m50 ou 0m80 plus haut.

On garnit avec soin tous les interstices des blocs avec des enrochements de première classe (blocs de 100 à 1,300 kil.) et des moellons. A

(1) Les poseurs étaient payés 5 francs par jour, à quelque ouvrage qu'ils fussent occupés, et recevaient un supplément de paye de 2 francs par heure de plonge lorsqu'ils revêtaient le scaphandre.

l'aide de ce garnissage, on obtint une jetée de 4m50 environ de largeur en couronne, dont l'arête intérieure était moyennement à 5m75 au-dessous du zéro du maréomètre, et celle du côté du large, à 5m30 environ au-dessous du même niveau, c'est-à-dire que ce couronnement avait une inclinaison de 1/10 vers le terre-plein. On jeta par-dessus une couche de 0m40 environ de pierres cassées, en commençant par des pierres de 0m20 à 0m15, et en finissant par des pierres de 0m08.

Voici, d'après l'ingénieur, les différences de dépenses résultant du mode adopté :

Le quai Est du terre-plein des formes de radoub de 200 mètres de développement et présentant un cube de 1,725 mètres cubes a coûté, pour appropriation du matériel, dressement du couronnement de la jetée, lançage des blocs, remorquage et mise en place	21,595 fr.	27 c.
Un mur de quai en béton, coulé frais dans des caisses sans fond et panneaux d'entre-deux, eût coûté pour le même cube, à raison de 45 fr. 75 c. le mètre cube.	78,918	75
L'économie a donc été, en admettant qu'on n'eût pas trouvé l'emploi des 115 blocs anciennement confectionnés, et dont la valeur était de 31,791 fr. 75 c., à raison de 276 fr. 45 c. par bloc de.	57,323	48
Et en déduisant cette même valeur de.	31,791	75
Dans la supposition qu'on dût la créer de nouveau, l'économie réalisée serait encore de.	25,531 fr.	73 c.

En résumé, on a commencé les coulages de béton par le quai reliant le terre-plein des formes à la terre ferme et, afin de pouvoir opérer dans une nappe d'eau calme, on a complété l'enceinte formée par ce quai, celui en retour jusqu'à la petite forme, la tête de celle-ci, le quai à la suite, la tête de la grande forme et le quai limitant le terre-plein à l'Est.

D'après un tableau dressé par les soins de M. Hardy, on a constaté que sur 34,201 mètres cubes de béton coulé, il n'y a eu que 336m.c. perdus par suite d'accidents, et que ces accidents, sauf deux, sont arrivés au mur de quai et à la petite forme, là où, les murettes n'ayant pas été faites, les caisses, affaiblies d'ailleurs par les découpages, portaient inégalement sur le rocher.

Disposition et construction des formes. — Les murs de quai et les enceintes étant établis ainsi que les terre-pleins, la construction des formes proprement dites devenait sans grande difficulté, parce qu'il suffisait de faire les épuisements nécessaires pour mettre à sec tout l'espace compris dans les enceintes, ce qui a permis d'exécuter les travaux avec la plus grande sécurité comme dans la construction ordinaire.

Nous avons représenté, en plan et en coupe transversale, sur les fig. 11 et 12, la disposition générale des deux formes, laissant entre elles un

écartement de plus de 30 mètres pour permettre d'aborder tout autour, et en même temps pour y placer le bâtiment des pompes d'épuisement, de leurs moteurs et des chaudières à vapeur.

Les fig. 13 et 14 montrent deux sections verticales de la petite forme, l'une longitudinale suivant la ligne 7-8 et l'autre transversale suivant la ligne 9-10.

Les fig. 15 et 16 montrent aussi deux coupes analogues de la grande forme, l'une également faite par l'axe sur la ligne 11-12, et la seconde transversale suivant la ligne 13-14.

Il est facile de juger par ces figures des proportions différentes données à chacune des deux formes. La plus petite est d'une capacité intérieure telle qu'elle peut recevoir sans peine des navires de 55 à 60 mètres de longueur sur 18 à 20 mètres de large, tout compris. Et la plus grande permet d'y entrer des navires de 105 à 110 mètres de long, sur 24 à 26 mètres de largeur.

Les bâtiments que nous avons représentés sur la fig. 11 sont, d'un côté le joli petit navire à roues, *le Chamois*, construit par M. Nillus, et publié dans le 9e vol. de ce Recueil ; l'autre, un grand et beau navire à hélice d'une puissance nominale de 500 chevaux.

Il est facile de voir, par les figures, quelle est la disposition intérieure ménagée dans l'établissement de ces formes pour permettre de recevoir et d'assécher des navires de différentes dimensions. Ce sont des espèces de gradins sur lesquels on peut toujours asseoir les étais qui doivent maintenir la coque à la hauteur et dans la position voulue pour en faire la réparation. Des escaliers sont ménagés en divers points pour faciliter le service et les manœuvres des hommes.

Le fond présente une surface légèrement inclinée des bords au centre, avec une pente longitudinale de 10 à 12 millimètres par mètre depuis l'extrémité, qui a la forme d'un cintre demi-circulaire, jusqu'à l'entrée où se trouve la porte d'écluse P.

Cette porte, dont la construction est toute particulière, fait l'objet d'un article spécial que nous donnerons avec le dessin dans une prochaine livraison.

Nous publierons ensuite les machines d'épuisement, qui, comme on le reconnaîtra, présentent un véritable intérêt pour les constructeurs et les entrepreneurs de grands travaux publics.

Nous ne voulons pas terminer ce premier article sans y joindre, d'après M. Hardy, des renseignements précis concernant les prix de revient relatifs à la construction des enceintes, qui, comme on a pu en juger par ce qui précède, ont présenté des difficultés réellement sérieuses.

PRIX DE REVIENT DES TRAVAUX

RELATIFS AUX ENCEINTES DES FORMES D'ALGER.

Le prix d'un mètre cube de béton pour enceinte se compose :

De la valeur du béton rendu à la caisse ;

Du nettoyage de l'emplacement des caisses et entre-deux ;

De la confection des murettes ;

Du lançage et de la mise en place des caisses et entre-deux, y compris matériel et accessoires ;

Du coulage proprement dit.

Le premier élément dépend trop des circonstances locales pour qu'il soit bien utile d'en faire ressortir la valeur en argent; dans les travaux exécutés au port d'Alger, nous nous bornerons à dire qu'un mètre cube de béton mesuré au vide de la caisse contenait :

0,56 de mortier dont 1 mètre cube était composé de : { 0m.c. 454 de sable. 0m.c. 454 de pouzzolane. 364 kilog. de chaux du Theil en poudre pesée à l'état vif
0m 84 de pierre cassée ;

et que, dans ces conditions, le béton a toujours été de la plus excellente qualité. Un morceau pris à 2 mètres en contre-bas du niveau des eaux, sur une caisse coulée depuis onze mois, a présenté une résistance à la rupture par traction de 3k20 par centimètre carré.

Quant aux autres éléments, comme ils se rapportent à des travaux qui n'ont été nulle part exécutés d'après les mêmes procédés et sur une aussi grande échelle, il ne sera pas sans intérêt de connaître leur composition, d'autant mieux que, sauf le prix de la journée de l'ouvrier, elle doit être à peu près la même partout. Nous établirons ces éléments de prix seulement pour le béton coulé en caisses non découpées, sur murettes en ciment dont le cube total est de 23,447m.c. 30.

Nettoyage de l'emplacement des caisses et entre-deux. — Il a été employé à ce travail :

	fr. c.	fr. c.
750 journées de chef ouvrier à 4 fr. 50 c.	3 375,00	44 199,00
10 005 journées de manœuvre au prix moyen de 2 fr. .	27 013,50	
1 485 journées de plongeur au scaphandre à 9 fr. 30 c.	13 810,50	

Le matériel employé se composait de :

	fr. c.
4 scaphandre à 4,500 fr.	18 000,00
2 radeaux avec leurs accessoires.	5 800,00
2 marie-salopes avec accessoires.	3 300,00
1 chaloupe avec bigues.	800,00
3 canots.	450,00
Grappins et chaînes.	800,00
Total.	29 150,00

A reporter 44 199,00

	fr. c.
Report	44 199,00
lequel matériel, après l'achèvement des travaux, pouvait avoir perdu 3/10 de sa valeur, soit à compter	8 745,00
Il a été, en outre, consommé pour les travaux de nettoyage :	

	fr. c.	
3 vêtements en caoutchouc à 159 fr. 63 c.	478,89	
20 caleçons en laine à 8 fr. 99 c.	179,80	
25 tricots à 10 fr. 57 c.	264,25	
7 mouchoirs en coton à 1 fr. 38 c.	9,66	
5 bonnets en laine à 2 fr. 58 c.	12,90	
90 bracelets en caoutchouc à 63 c.	56,70	
19 paires de grands bas en laine à 10 fr. 15 c. . . .	192,85	
18 paires de petits bas en laine à 4 fr. 34 c.	78,12	
21 pantalons de toile à 21 fr. 23 c.	445,83	
3 paires de souliers avec semelle en plomb à 58 fr. 25 c.	174,75	
31 paires de manchettes en caoutchouc à 10 fr. 11 c. .	313,41	8 468,04
23 collerettes en caoutchouc à 40 fr. 45 c.	930,35	
54 boîtes de caoutchouc liquide à 8 fr. 10 c.	437,40	
216 écrous à oreilles pour collerettes à 66 c.	142,56	
156 boutons à 65 c.	101,40	
202 mètres de toile caoutchoutée à 3 fr. 75 c.	2 030,10	
87 mètres de tuyaux en caoutchouc à 10 fr. 37 c. . .	902,19	
120 paniers en osier à 80 c.	96,00	
Fournitures diverses telles que : cuivre rouge, laine, toile de lin, basane, filin, fil à voile, suif, plomb, aiguilles à coudre, papier de verre, etc., etc.	1 620,88	

La mise en œuvre de ces matières pour la réparation du scaphandre, vêtements, etc., etc., a employé :

5 journées de bourrelier à 5 fr.	25,00	
584 journées de manœuvre à 3 fr.	1 752,00	2 047,00
54 journées de forgeron et ajusteur.	270,00	
Total.		63 459,24

lequel divisé par le cube du béton qui est de 23,447$^{m.c.}$30 donne par mètre cube de béton pour le nettoyage de l'emplacement de la caisse 2 fr. 71 c.

Confection des murettes. — Les murettes étaient faites à la tâche par la maison Gariel. L'ouvrage était payé à raison de 23 fr. 50 c. pour 100 kilogrammes de ciment employé y compris fourniture du sable et de la pierraille, toute main-d'œuvre et fourniture d'apparaux et d'outils, mais non compris celle du scaphandre, qui appartenait à l'administration; la manœuvre de cet appareil était à la charge des tâcherons.

	fr. c.
Il a été payé à la maison Gariel pour 917,507 kilogrammes de ciment à 23 fr. 50 c. les 100 kilos.	215 614,14
Il a été employé 1 scaphandre au prix de 4,500 fr. ayant perdu les 3/10 de sa valeur, soit.	1 350,00
A reporter.	216 964,14

		fr. c.
Report		216 964,14

Il a été consommé :

	fr. c.	
35m 20 de tuyaux en caoutchouc à 10 fr. 37 c	365,02	
1 vêtement en caoutchouc à 159 fr. 63 c.	159,63	
8 caleçons en laine à 8 fr. 99 c.	71,92	
10 tricots à 10 fr. 57 c.	105,70	
36 bracelets en caoutchouc à 63 c.	22,68	
8 paires de grands bas de laine à 10 fr. 15 c	81,20	
7 paires de petits bas de laine à 4 fr. 34 c.	30,38	2 923,5
9 pantalons de toile à 21 fr. 23 c.	191,07	
1 paire de souliers à semelles de plomb à 58 fr. 25 c.	58,25	
22 boîtes de caoutchouc liquide à 8 fr. 10 c.	178,20	
81 mètres de toile caoutchoutée à 10 fr. 05 c.	814,05	
Fournitures diverses telles que : cuivre rouge, laine, toile, basane, filin, fil à voile, plomb en saumon, papier de verre, cuir, etc., etc.	845,10	

Il a été employé pour la mise en œuvre d'une partie de ces matières pour les réparations :

1 journée de bourrelier à 5 fr.	5,00	
253 journées de manœuvre à 2 fr. 80 c.	708,40	828,40
23 journées de forgeron ajusteur à 5 fr.	115,00	
Total.		220 716,34

Ce total, divisé par le cube du béton coulé qui est de 23,447m.c.30, *donne* par mètre cube de béton pour confection des murettes, 9 fr. 41 c.

Ce prix de revient est la conséquence du marché passé avec la maison Gariel; d'après les attachements pris en cours d'exécution, il devrait être établi ainsi qu'il suit : un atelier composé de :

	fr. c.
1 poseur revêtu du scaphandre à 20 francs par jour.	20.00
3 poseurs à la manœuvre extérieure du scaphandre à 5 francs par jour.	15,00
3 poseurs employés au transport du béton et au coulage à 5 francs. . .	15,00
4 gâcheurs à 4 francs.	16.00
5 manœuvres au transport des matières à 2 fr. 50 c.	12,50
et coûtant par jour.	78,50

employait en moyenne par jour, 2,030 kilogrammes de ciment, de sorte que le kilogramme de ciment employé revenait à $\frac{78 \text{ fr. } 50 \text{ c.}}{2{,}030 \text{ k.}} = 0 \text{ fr. } 039.$

Avec ces 2,030 kilogrammes de ciment on employait 2m.c.256 de sable, 2m.c.82 de pierraille, et on fabriquait 3m.c.165 de béton mesuré en murette.

Le prix du mètre cube de ciment de Vassy mesuré en murette peut donc être établi comme il suit :

	fr. c.
$641^{k}39$ de ciment de Vassy pour fournitures à 12 fr. 50 c. les 100 kilogrammes (1).	80,17
$0^{m.c.}713$ de sable de choix à 3 fr. 50 c..	2,49
$0^{m.c.}891$ de pierraille à 5 fr. 45 c.	4,85
Façon du béton et coulage $\frac{78,50}{3,165}$ = ...	25,01
A part le scaphandre qui, avons-nous dit, était fourni par l'administration, le fonctionnement de l'atelier ne comportait qu'un outillage très-simple : un chaland pour contenir les matières et les gâcheurs, les cadres sous-marins dont nous avons donné la description, quelques seaux et les outils ordinaires des cimenteurs ; on ne doit pas compter pour cet outillage plus de 10 pour 100 des frais de main-d'œuvre, soit.	2,50
Total.	115,02

Une dépense de 115 fr. 02 c. répondant à l'emploi de $641^{k}39$ de ciment, les 100 kilos de ciment seraient revenus, pour fourniture et emploi, à 17 fr. 93 c., non compris les faux frais et bénéfice de l'entrepreneur.

	fr. c.
L'emploi de 917,507 kilogrammes pour la confection des murettes ayant été constaté, on aurait confectionné un cube de murettes de $\frac{917,507^{k}00}{641,39} = 1,414^{m.c.}91$, lequel cube, au prix de 115 fr. 02 c. l'un, eût occasionné une dépense de.	162 743,04
Ajoutant les dépenses de matériel à la charge de l'administration, évaluées ci-dessus à..	5 101,00
On trouve que la dépense totale pour $23,447^{m.c.}30$ de béton se serait élevée, non compris le bénéfice de l'entrepreneur, à. . . .	167 844,04

Ce qui aurait fait ressortir le prix de murette en ciment de Vassy par mètre cube de béton coulé à 7 fr. 12 c.

MATÉRIEL FIXE.

LANÇAGE ET MISE EN PLACE DES CAISSES ET ENTRE-DEUX

	fr. c.	fr. c.
Appontement du lançage cubant $17^{m.c.}82$ de bois de sapin à 100 fr. le mètre cube.	1 782,00	
Cale de lançage : $14^{m.c.}57$ de bois de sapin à 100 fr.. .	1 457,00	
Enrochements..	2 528,10	
Tête de la cale en maçonnerie de béton et ciment hydraulique.	1 346,99	
Terrassements, scellement de canons pour retenues, pose d'organeaux, régalage au scaphandre de la partie sous-marine, bittes en bois pour les retenues, etc. .	539,58	
Total.	7 653,67	
A déduire la valeur des bois, après emploi et démolition, $32^{m.c.}39$ de bois de sapin à 45 fr.	1 457,55	
Reste à compter.		6 196,12

(1) On aurait pu employer, suivant M. Hardy, des ciments de Grenoble ou de la Valentine, à prise prompte, qui sont à peu près moitié moins chers.

		fr. c.
Report		6 196,1[illegible]

OUTILLAGE ET APPARAUX.

	fr. c.	
6 treuils à 600 fr., à compter 1/10 pour usure.		360,0[illegible]
2 pontons à 12,000 fr..	24 000,00	
1 ponton à 6,000 fr.	6 000,00	
Total..	30 000,00	
A compter pour usure et avarie 1/5.		6000,0[illegible]
8,000 kilogrammes de chaînes à 90 c. pour usure et perte à la mer.		720,0[illegible]
20 barriques à 6 fr. l'une, à compter 3/5 pour usure et perte..		72,[illegible]
3 caisses moules au prix moyen de 8,000 fr.	24 000,00	
4 panneaux d'entre-deux à 1,940 fr. 64 c.	7 762,56	
1 hausse	1 640,00	
120 caisses à boulets à 40 fr.	4 800,00	
Total.	38 202,56	
A déduire pour valeur des bois et fers après démolition.	14 002,56	
Reste à compter.		24 200,0[illegible]
Bois pour épontillage et planchers, boulets, vieille fonte et vieux canons pour lest, anguilles, poulies, 4 crics, pinces, palans, ancres, cabestan, 4,000 kilogrammes de filin, 3 embarcations, déduction faite de la valeur après emploi.		8 000,0[illegible]

MATIÈRES CONSOMMÉES.

200 kilogrammes de suif à 1 fr. 40 c..	280,00	18 285,[illegible]
270 kilogrammes de pointes à 65 c..	175,50	
250 kilogrammes de clous à toile à 1 fr. 75 c. . . .	437,50	
Huile, bitord et tresse.	331,00	
Toile à voile goudronnée, clouée à la flottaison dans les angles et au bas de la caisse, 2,312 mètres carrés à 1 fr. 75..	4 046,00	
21,692 kilogrammes de fer à 60 c. pour boulons.. .	13015,20	

MAIN-D'ŒUVRE.

269 journées de chef ouvrier à 6 fr..	1 614,00	16 739,00
269 journées de mariniers à 4 fr.	1 076,00	
2,465 journées de mariniers à 3 fr.	7 395,00	
324 journées de charpentiers à 4 fr. 50 c.	1 458,00	
348 journées de plongeur à nu à 4 fr. 50 c.. . . .	1 566,00	
1,320 journées de manœuvres à 2 fr. 75 c.	3 630,00	
Total.		80 572,31

lequel, divisé par le cube du béton coulé, 23,447^{m} 30, donne par mètre cube pour lançage, mise en place des caisses, entre-deux et trémies, etc., etc., et enlèvement, y compris toutes fournitures, sauf celles des trémies, 3 fr. 44 c.

COULAGE DU BÉTON. — L'atelier du coulage de béton, celui-ci étant transporté sur le plancher de la caisse, était composé de :

	fr. c	
1 chef ouvrier à 0 fr. 35 l'heure..........	0,35	
2 bottiers à 0 fr. 325 l'heure............	0,65	
12 manœuvres à 0 fr. 28 l'heure..........	3,36	
Total par heure.....	4,36	
Soit par relais de six heures	26,16	
Cet atelier coulait habituellement 50 mètres cubes de béton par relais; mais, en raison du temps perdu pour la mise en place des caisses et trémies par suite de l'état de la mer, ou pour toute autre cause fortuite, on ne doit compter que sur un coulage de 42$^{m.c.}$ 30 par relais, ce qui fait revenir le mètre cube de béton pour main-d'œuvre de coulage à..........		fr. c. 0,65

MATÉRIEL SPÉCIAL.

10 trémies avec le treuil à immerger à 1,700 fr. l'une, à compter 3/10 pour usure.........	5 100,00	6 169,10
150 pelles à 2 fr., à compter pour usure et perte 9/10.	270,00	
2 pelles à cloison à 15 fr., à compter 5/10 pour usure.	15,00	
40 paires de bottes à 20 fr., à compter 9/10 pour usure.	720,00	
4 crochets à béton à 6 fr., à compter 5/10 pour usure.	12,00	
4 burettes à huile à 1 fr. 50 c., à compter 9/10 pour usure....................	5,40	
4 pinces à 11 fr., à compter 2/5 pour perte et usure.	17,60	
4 arrosoirs en zinc à 6 fr. 50 c., à compter 2/5 pour perte et usure................	10,40	
2 pioches à 4 fr. 50 c., à compter 3/10 pour usure.	2,70	
1 sonde en bois gradué à 20 fr., à compter 8/10 pour usure................	16,00	

MATIÈRES CONSOMMÉES.

473 sacs à béton à 60 c. l'un...........	283,80	522,30
200 balais à 30 c.................	60,00	
100 kilogrammes d'huile à 1 fr. 50 c........	150,00	
30 kilogrammes à 95 c..............	28,50	
Total..............		6 691,40

Le cube du béton coulé étant de 23,447$^{m.c.}$30, le prix de revient pour fourniture du matériel et matières consommées est de......	29 c.
Report du prix de main-d'œuvre.................	65
Ce qui donne en totalité pour le prix de coulage de béton, y compris matériel et toutes fournitures	94 c.

Il y a encore un genre de dépense dont on doit tenir compte, c'est la reprise en ciment des portions de béton délavées par le courant et des joints d'entre-deux qui présentaient en parements quelques défectuosités. Il a été dépensé en totalité 35,046 fr. 15 c. pour ce travail, y compris le piquage et le nettoyage des parties d'enceinte à réparer, ce qui, pour un cube total de béton coulé de 23,447$^{m.c.}$30, donne une dépense par mètre cube de béton de 1 fr. 49 c.

En résumé, le sous-détail du prix d'un mètre cube de béton d'enceinte de forme de 140 mètres de longueur, de 26 mètres de largeur et de 10 à 11 mètres de profondeur, coulé d'après les procédés que nous venons de décrire et dans les mêmes conditions de nappe d'eau, parfois houleuse et de fond, peut être établi ainsi qu'il suit :

1 mètre cube de béton transporté sur le plancher des caisses et entre-deux à 0 le mètre cube, pour mémoire.	0 fr.	00
A compter pour déchets résultant des accidents de mer, 0 fr. 005 du prix ci-dessus.	»	»
Nettoyage de l'emplacement des caisses et entre-deux.	2	71
Confection des murettes en béton de ciment de Vassy.	7	12
Lançage et mise en place des caisses et entre-deux, y compris fourniture du matériel et accessoires.	3	44
Coulage du béton, y compris fourniture de matériel et accessoires.	0	94
Reprise en béton de ciment des joints et des portions de béton délavées.	1	49
Total.	15	70

Prix d'un mètre cube de béton, non compris la valeur du béton transporté sur le plancher des caisses et entre-deux, non compris non plus les faux frais et le bénéfice des entrepreneurs. . .	15	70

« Les soins minutieux et intelligents qui ont été apportés dans tous les détails d'exécution sont pour beaucoup sans doute dans le succès des procédés de construction dont nous venons de rendre compte. Nous nous plaisons, dit à ce sujet M. Hardy, à rendre le témoignage que, sous ce rapport, une grande part du mérite revient à MM. les conducteurs Trèves et Godard, le premier chargé de la surveillance du coulage de l'enceinte de la grande forme, et le second de la surveillance du coulage de la petite forme et de la fabrication du béton. »

CONCASSAGE DES PIERRES ET MINERAIS

MACHINE AMÉRICAINE A GENOUILLÈRE

Système BLAKE, perfectionné par M. AVERY

MACHINES A EXCENTRIQUES

A MACHOIRE SIMPLE ET A MACHOIRES DOUBLES MOBILES

Par M. DYCKHOFF, constructeur-mécanicien à Bar-le-Duc

CONCASSEUR A PUISSANCE HYDRAULIQUE

Par M. E. CHAMBER

(PLANCHE 7)

APERÇU HISTORIQUE.

Il existe un grand nombre de machines construites sur les systèmes les plus divers et plus ou moins ingénieux pour concasser, écraser, pulvériser, broyer et moudre les matières dures et sèches très-résistantes, tels que les minerais et leurs composés métalliques, émeri, émaux, etc.; les substances également dures, mais moins résistantes comme le verre, la pierre, le marbre, la craie, le gypse, le plâtre, le talc, etc., puis d'autres substances soit végétales, soit animales comme les céréales, le cacao, les épices, les noix, les amandes, l'indigo, les gommes, les écorces de tan, le bitume, la houille, le charbon de bois, le noir animal, les sels, les couleurs, etc.

Ces machines, suivant la nature des substances plus ou moins résistantes, filandreuses, oléagineuses ou élastiques sur lesquelles elles doivent s'exercer, et suivant les qualités que l'on exige d'elles, doivent naturellement fonctionner d'après des principes différents.

C'est ainsi que l'on est arrivé à moudre, dans les meilleures conditions,

les céréales entre deux meules horizontales à surface striée (1) : le plâtre, le tabac, à l'aide de moulins coniques à noix (2) ; les poudres, le charbon de bois, l'huile, etc., en faisant usage de meules verticales en fonte ou en granit tournant sur elles-mêmes et autour d'une colonne centrale dans une auge inférieure ou troisième meule horizontale (3) ; le cacao, le sucre, les produits pharmaceutiques, à l'aide de petites meules arrondies ou de pilons agissant dans un mortier (4).

Mais dans la plupart de ces traitements mécaniques, c'est presque toujours un broyage qui est le but de l'opération, tandis que dans les machines que nous allons examiner, c'est un concassage, c'est-à-dire qu'elles doivent ramener à des dimensions relativement très-réduites des blocs assez volumineux de matières dures, comme les minerais en roche destinés à la fusion, les pierres dures, les silex, etc., dont on fait usage pour fabriquer les bétons ou macadamiser les routes.

C'est par le choc, dont le marteau à main permet le plus aisément l'application, que de tout temps, sans doute, on a accompli ce travail mécanique consistant à briser, concasser, pulvériser les corps. Puis sont venus les pilons à cammes et autres agissant comme les marteaux sur les corps durs placés dans un mortier ; tels sont les bocards précédant les patouillets dont on fait usage pour casser et laver les minerais ; nous en avons donné un dessin et une description dans le volume XII.

Ce même travail de bocardage des minerais s'effectue aussi, dans certaines localités, à l'aide de deux ou trois cylindres horizontaux agissant tangentiellement ainsi que les laminoirs ; mais au lieu d'avoir leur surface lisse comme ceux-ci, ils ont, au contraire, leur périphérie armée de pointes saillantes. Seulement ici, comme on le voit, le concassage n'est plus produit par le choc, mais par la *pression* et par la *manière dont le corps est appuyé et retenu pendant que s'exerce cette pression*. En effet, un corps dur se brise d'autant plus aisément qu'il est en *porte-à-faux* et que son contact n'a lieu que sur une faible surface et sur plusieurs des points que présente la résistance.

Ces considérations sont naturellement subordonnées à la forme du corps, à l'arrangement des particules qui le composent ; un corps rond est plus résistant que s'il avait la forme rectangulaire ; un corps composé de molécules lamellaires, parallèles et appliquées les unes sur les autres, offre

(1) Voir les divers moulins à blé que nous avons publiés dans les vol. I, III, V, [illegible] x et xv de ce Recueil.

(2) On trouve le dessin et la description de ces moulins dans les vol. VIII [illegible] Voir aussi les machines à triturer les bois de teinture et autres dans le vol. II, pl. [illegible]

(3) Dans le vol. XII, nous avons donné le dessin des meules en fonte en usage pour la trituration des trois matières composantes de la poudre, charbon, soufre et salpêtre, dans le vol. IX des meules employées à la fabrication des charbons dits de Paris ; et dans les vol. X et XIII des meules pour l'extraction de l'huile.

(4) Les vol. IV, VI et VIII contiennent des machines de ce genre.

moins de résistance que lorsqu'il est formé de petites lames entremêlées de fibres droites ou courbes, divergentes ou entrelacées, etc.

Sans nous arrêter davantage sur ces données générales, dont il est utile cependant de bien se rendre compte pour le choix d'une machine devant le mieux convenir à la nature de la substance sur laquelle elle doit agir, nous allons examiner les principaux systèmes proposés spécialement pour le concassage des minerais, des pierres et autres matières dures d'une texture analogue.

Disons tout d'abord que jusqu'à ces dernières années la totalité, si ce n'est toutes les machines projetées, essayées ou appliquées pour concasser, reposaient sur l'action du choc au moyen de marteaux ou pilons actionnés par des cammes, des excentriques ou des leviers. Dans cette classe nous citerons particulièrement les suivantes :

La machine à casser les pierres de M. Laur, à Nevers, brevetée le 2 juin 1846 (1), dans laquelle une série de marteaux, portant des mentonnets à leur manche, sont soulevés par des cammes fixées sur un arbre qu'un homme fait tourner au moyen d'une manivelle. Les fragments détachés par le choc de ces marteaux tombent sur une grille qui les laisse passer à la dimension voulue (2).

M. Rousseau, à Auxerre, prit successivement deux brevets d'invention pour un *casse-pierres*, l'un le 6 juin 1846, et le second le 20 juin 1847, qui ne diffère du précédent que par quelques détails de construction (3).

En 1849, le 25 octobre, M. Ducourneau, à Agen, s'est fait breveter pour un *mortier concasseur* dans lequel le marteau ou pilon, composé d'une sorte de massue en fer, était suspendu à un ressort en arc de cercle formé de feuilles étagées en acier, comme les ressorts de suspension des véhicules de chemin de fer, L'ouvrier, en appuyant sur ce marteau, faisait fléchir le ressort et produisait le choc nécessaire pour briser la pierre, qui se plaçait sur une enclume en métal de forme parabolique (4).

(1) Avant cette date, nous ne trouvons qu'un seul brevet sous ce titre : *Casse des pierres par mécanique*, par M. Serf, sellier à Marseille. — 30 juin 1843.

(2) Cette machine est publiée dans le vol. VII des brevets d'invention pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844.

(3) En 1847, le 21 avril, M. Marandet, instituteur à Chapois, prit un brevet sous ce titre : *Machine à casser les pierres pour l'empierrement des routes*. Un brevet a aussi été pris en 1848, le 2 novembre, par MM. Vieules, Chameroy et Salarnier, à Aurillac, pour une machine propre au cassage de la pierre, du minerai et de la castine.

(4) Voici encore les titres de différents brevets pris en 1849, 1850 et 1851 pour le même sujet :

Machine dite *concasseur*, propre au concassage des matériaux employés à l'empierrement des routes, par M. Ricard, marbrier, à Toulouse, breveté le 8 septembre 1849.

Machine destinée au cassage des cailloux pour l'entretien des routes, par M. Luquet, conducteur des ponts et chaussées, à Toulouse. (Brevet du 15 juin 1850.)

Appareil de broyage de cailloux et d'autres matières, dit *laminoir-broyeur à Mac-Adam*, par MM. Hacquet et Lebeau, étudiants, à Paris. (Brevet du 26 juillet 1850.)

Procédés de broyage appliqués à concasser les pierres, cailloux, etc., par MM. Vienne et Villard. (Brevet du 24 septembre 1850.)

Machine dite le *concasseur*, servant à briser les pierres, moellons et cailloux, pour

M. Ducourneau modifia ce premier système et prit un nouveau brevet le 21 novembre 1857 pour un appareil beaucoup mieux étudié, composé de plusieurs marteaux actionnés par des cammes, et suspendus au moyen de ressorts au-dessus d'une enclume ou mortier de forme spéciale. Nous avons donné le dessin de cette machine dans le volume xx du *Génie industriel*.

M. Poivet, à Château-du-Loir, s'est fait breveter le 11 avril 1854 pour une machine basée sur le principe du *contre-coup* (1). Dans cette machine, les marteaux ou masses fixées au bout de tiges flexibles sont montées sur un arbre vertical animé d'un mouvement de rotation rapide au moyen d'une transmission par poulies et courroies. Les masses sont étagées deux à deux, présentant ainsi des cercles concentriques superposés formant chacun une batterie. La pierre à casser est placée dans une trémie spéciale à chaque batterie. Par l'inclinaison du plan de cette trémie, la pierre est conduite sur une planchette dont la surface supérieure légèrement concave et formant un rebord sous le talon de la masse, donne aux matériaux la position la plus favorable pour qu'ils puissent être frappés en plein au passage des masses qui, par leur vitesse et leur choc, chassent vivement cette pierre contre une des enclumes destinées au contre-coup qui existent latéralement. Ainsi chassée, cette pierre est mise en éclats et retombe sur un grillage inférieur qui en opère le triage et l'expulse en dehors de la machine (2).

Le même M. Poivet, en dernier lieu domicilié au Mans, prit de nouveaux brevets les 25 avril 1856 et 16 février 1861 pour des perfectionnements à sa machine *casse-pierres* consistant en un changement de forme et de disposition du casseur et de sa caisse, ou plutôt des enclumes contre lesquelles les pierres frappées par les masses sont lancées pour recevoir le contre-coup.

Suivant le même ordre d'idées que M. Poivet, MM. Boyenval et Ligerot, à Paris, se sont fait breveter, le 2 mai 1854, pour un *casseur à forge centrifuge* qui diffère comme construction du système précédemment décrit, mais dont le mode d'action est sensiblement le même.

Nous pouvons citer encore, comme établi sur le même principe, l'appareil de M. Couvreux, à Bazeilles, breveté le 27 mars 1862, qui se compose d'une grande roue, munie sur la circonférence de ses jantes de fortes dents en fer. Cette roue est placée dans un coffre en charpente surmonté d'un plancher qui communique avec la roue par un couloir servant à l'introdution des pierres. La roue étant animée d'une grande vitesse au moyen d'une poulie, les pierres qui arrivent à sa surface sont prises par les dents qui les lancent sur des marbres ou plaques en fonte fixées à cet effet à l'intérieur du coffre, et sur lesquelles elles se brisent.

Participant de ce principe, mais pourtant avec des différences assez sensibles, MM. Chevallard, Desmons, Causse, Canu et Horeau, se sont fait breveter le 9 juillet 1859, pour une machine dans laquelle le cassage ou la pulvérisation s'obtient par des chocs vivement répétés que les corps reçoivent d'organes disposés

l'approvisionnement du gravier nécessaire à l'entretien des routes, par M. Magnan, à Perpignan. (Brevet du 30 janvier 1851.)

(1) Quand une pierre est frappée vivement, il s'établit dans ses molécules, suivant M. Poivet, une vibration plus ou moins intense, suivant sa nature. Si un choc a lieu pendant que la vibration a encore toute son intensité, il s'établit une deuxième vibration qui contrarie la première et brise la pierre.

(2) Le dessin de cette machine est publié dans le vol. xxxvii des brevets d'invention délivrés sous le régime de la nouvelle loi.

dans ce but, l'inertie seule des corps servant de contre-partie. Dans cette machine, le cassage des blocs à réduire en morceaux a lieu dans un espace où ils se trouvent enfermés entre des cylindres tournants, espace d'où ils ne peuvent sortir que lorsqu'ils ont atteint, au moins dans un sens, la dimension à laquelle on veut opérer le cassage. Un plateau lisse, tournant horizontalement, reçoit les blocs, et, par sa rotation rapide, les présente sans cesse à une série de cylindres batteurs à axes verticaux, montés autour du plateau et tournant dans le même sens. Ces cylindres laissent entre eux un espace destiné au passage des morceaux cassés.

Comme nous l'avons dit, les dispositions les plus nombreuses sont celles des machines à marteaux montés sur un axe horizontal et se mouvant alors dans un plan vertical.

De ce système est la machine à casser les cailloux dont les marteaux sont à manches flexibles et l'enclume à coquille avec débourreur, de MM. Marchon et Beausoleil, à Lyon, brevetés le 19 mai 1854 (1); la machine avec marteaux à cammes et enclume mobile à mouvements saccadés de M. Meynier, à Paris, brevetée le 29 avril 1856; celle de M. Rubé, à Montdidier, brevetée le 25 juillet 1856; celle de M. Cambuzat, à Paris, brevetée le 22 juin 1857; la machine à simple marteau suspendu à l'extrémité d'un long levier, manœuvré à bras, de M. Rivière, brevetée le 15 mai 1859; celle à marteaux multiples rangés en hélice autour de l'arbre, de M. Larpent, à Paris, brevetée le 15 avril 1859; celle de M. Plumeau, à Pujard, brevetée le 14 mars 1861.

Parmi les machines dont le choc est produit par des marteaux, il nous faut mentionner plus particulièrement celle de M. Dumarchey, qui prit en France successivement trois brevets, le 30 mars 1859, le 6 septembre 1860 et le 22 décembre 1863. Cette machine se compose d'un fort bâti qui supporte les paliers d'un arbre horizontal, muni, d'un bout, du volant régulateur, et de l'autre, d'une poulie recevant le mouvement du moteur. Entre les deux coussinets sont fixés sur l'arbre des leviers garnis chacun à son extrémité d'une masse en fer, et disposés de manière à frapper deux ou plusieurs coups à la fois, ou alternativement selon que le besoin l'exige. A peu près verticalement, sous l'axe et sur un support en bois, se trouve une enclume en fer ou en fonte, qui peut être d'une seule pièce dans toute sa longueur, afin que toutes les masses viennent y frapper et casser les matières qui s'y trouvent, ou bien être divisées en autant de pièce qu'il y a de masses. A la suite de cette enclume, et formant un quart de cercle excentrique autour de l'axe, se trouvent des cylindres allant en diminuant de diamètre et qui, pouvant tourner librement sur leur axe, servent de tablier mobile pour le départ des pierres concassées, lesquelles peuvent tomber entre les espaces vides laissés plus ou moins grands, suivant les besoins, entre chaque rangée de cylindres.

Dans la plupart des machines qui effectuent le concassage au moyen de marteaux, les inventeurs paraissent s'être préoccupés surtout des dispositions de l'enclume. Des brevets ont même été pris spécialement pour cet organe. Nous citerons ceux de M. Debant, à Salies, du 1er septembre 1856; de M. Michonnet, à Paris, du 11 octobre 1861; de M. Charcouchet, à Lyon, du 21 juin 1862.

(1) Le dessin de cette machine est donné dans le vol. XXXVIII desdits Brevets d'invention.

Dans les deux premiers, l'enclume est simple et ne présente, comme particularité, que des arêtes saillantes de forme spéciale; mais, dans le système de M. Charcouchet, c'est une véritable machine qui se compose d'un châssis en fonte avec son crible, formé par une série de barreaux en fer espacés à la dimension à donner aux pierres, et comportant un couloir destiné à l'introduction des matériaux. Les barreaux de ce crible sont enchâssés dans l'enclume mobile placée à 45 degrés et comportant une série de cubes affectant une forme rhomboïdale à leur sommet, et espacés d'axe en axe d'une distance égale. Cette enclume joue sur un arbre servant de pivot à charnière, lequel a ses extrémités dans un coulisseau, tandis qu'il repose, dans sa longueur, sur les fourchettes de deux tampons qui ont pour effet d'atténuer les chocs de la masse, et d'empêcher par leur élasticité la pulvérisation qui doit résulter du bris sur un point fixe.

Après les machines à concasser, dans lesquelles le travail est produit à l'aide de marteaux ou masses, agissant alternativement et fixées aux extrémités de manches flexibles ou non, actionnées par des arbres à cammes, viennent les machines à pilons verticaux commandés, soit aussi par un arbre à cammes, soit directement par un cylindre à vapeur, comme les marteaux-pilons employés dans les forges (1).

De ce nombre sont les suivantes :

Le marteau à cammes, de MM. Mader et Delgay, à Toulouse, breveté le 29 novembre 1853; la pilonnière à cammes, pour routes et béton, de MM. Hutinel et Graux, à Clairvaux, brevetée le 9 septembre 1854 (2) ; le système à vapeur et à cammes bien étudié, par M. Bac, conducteur des ponts et chaussées à Rosoi, breveté le 17 septembre 1854; le brevet de M. Jeanne, du 11 janvier 1858, dans lequel cet inventeur propose l'emploi de plusieurs marteaux-pilons à vapeur, rangés sur une même ligne et agissant sur des enclumes desservies par une toile métallique sans fin.

Nous arrivons maintenant au troisième genre de machines à concasser, à celles qui sont composées de cylindres horizontaux tournant tangentiellement et armés de dents saillantes sur leur périphérie. De ce système, nous citerons la machine de M. Bresquignan, brevetée le 20 septembre 1854, qui est composée de deux paires superposées de cylindres broyeurs dentés, dont les écartements sont réglés suivant les dimensions que doivent avoir les pierres. Un pilon à *mouton* est appliqué contre la machine, afin de briser les pierres trop grosses pour être engagées entre les cylindres.

Se sont fait breveter pour des machines basées sur le même principe d'action, MM. Peyron et Bonnamain, à Montbrison, le 26 janvier 1855, et M. Damille, à Paris, le 23 août 1860.

Dans toutes les machines que nous venons d'examiner, le concassage des matières dures a toujours lieu, comme on l'a vu, au moyen de chocs plus ou moins violents entre deux surfaces solides, telles que l'enclume pour le marteau, le mortier pour le pilon, le marbre pour la molette, la

(1) Nous avons publié plusieurs de ces appareils dans les vol. II, VI et XI de ce Recueil.

(2) Le dessin de cette machine est publié dans le vol. XII des Brevets d'invention pris sous le régime de la loi de 1844.

meule, le cylindre pour le laminoir ou le cône denté des moulins à noix, l'auge ou le bassin pour les sphères ou autres corps pulvérisateurs des triturateurs à boulets, dans le cas de réduction plus complète que celle de simple concassage.

Au contraire, dans les nouvelles machines dont nous allons faire connaître les dispositions spéciales, ce n'est plus le choc qui produit le concassage, mais une simple pression qui, répétée sur divers points du corps placé à faux, finit par le faire pour ainsi dire éclater. Ce système offre cet avantage sur les machines à marteaux, à pilons et autres agissant par choc, c'est que ces organes peuvent résister plus longtemps, et que les produits sont obtenus à la grosseur voulue, d'une façon plus régulière et avec beaucoup moins de déchets, c'est-à-dire moins de menus.

Cet appareil, dont le principe paraît appartenir à un Américain, M. Blake, de New-Haven, consiste en deux mâchoires rainées de forme trapézoïdale, l'une fixe et verticale, l'autre inclinée, montée à charnière à son extrémité supérieure autour d'un axe fixe horizontal et formant, avec la mâchoire fixe et les parois du bâti, une trémie dont les ouvertures d'entrée et de sortie sont déterminées d'après la grosseur des matières à concasser et du concassé à obtenir.

La mâchoire mobile reçoit un mouvement de va-et-vient de peu d'étendue, mais très-rapide, d'un levier à genou, lequel est actionné par l'intermédiaire d'un long levier inférieur et d'une bielle commandée par un arbre coudé. Cet arbre, placé à l'arrière de la machine est muni de deux volants et d'une poulie qui communique avec le moteur par une courroie (1).

Telles sont les principales dispositions de la machine primitive de M. Blake; nous allons décrire les divers perfectionnements qui lui ont été apportés par plusieurs constructeurs et pour lesquels ils se sont fait breveter.

DESCRIPTION DE LA MACHINE AMÉRICAINE PERFECTIONNÉE PAR M. F. AVERY,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 ET 2 DE LA PL. 7.

Comme il vient d'être dit, dans la machine de M. Blake le mouvement de la mâchoire mobile est transmis de l'arbre à la genouillère par un long levier, et la mâchoire fixe est verticale. Ces dispositions présentent quelques inconvénients qui sont :

1° De réduire la section d'introduction des matières à concasser; de plus, par suite de la position verticale des deux parois latérales de la

(1) Nous avons donné le dessin de cette machine, brevetée en France à la date du 14 janvier 1858, dans le vol. XXI (N° de septembre 1861) du *Génie industriel*.



trémie, il arrive fréquemment que les blocs, en descendant vers le fond, viennent buter contre ses parois, lesquelles faisant office de pieds-droits, aident à la formation de voûtes produites par les fragments déjà en partie concassés, s'appuyant les uns contre les autres. Il en résulte que pendant un certain temps, plus ou moins long, la descente se trouve arrêtée jusqu'à rupture de ces voûtes, mais la machine marche toujours, il y a donc perte de puissance motrice en même temps que perte de temps.

2° Les coins qui, dans la machine primitive permettent de faire varier la course de la mâchoire mobile sont disposés au milieu, entre les volants, ce qui nécessite, lorsque l'on juge nécessaire de régler l'amplitude du mouvement suivant la grosseur des pierres soumises au concassage, d'arrêter la machine.

L'expérience ayant fait reconnaître ces inconvénients, M. Avery s'est proposé de les faire disparaître en simplifiant l'agencement tout en réduisant l'emplacement occupé par la machine.

La fig. 1 représente en section verticale et longitudinale cette machine perfectionnée, et la fig. 2 est un plan du nouveau serrage à coins appliqués à l'arrière, en dehors des volants, et permettant, par suite, de régler l'ouverture de la mâchoire même en marche.

On voit que dans cette machine l'arbre moteur A, au lieu d'être placé à l'extrémité arrière du bâti B, est transporté au milieu, soutenu par deux paliers *b* venues de fonte avec ce bâti.

Cet arbre reçoit à chaque extrémité un volant en fonte V, et, de plus, d'un côté, une poulie reliée aux bras du volant par les boulons *a*; il est forgé, au milieu de sa longueur, avec un coude formant manivelle pour recevoir la tête de la bielle C qui, à sa partie inférieure, présente un tourillon sur lequel s'articulent les deux leviers D et D', dont la réunion forme la genouillère. On voit que celle-ci se trouve actionnée directement par l'arbre à manivelle, tandis que dans la machine primitive il y avait comme intermédiaire un levier qui occupait en dessous toute la longueur du bâti, pour se relier, ainsi que nous l'avons dit, à la bielle et à l'arbre monté à l'arrière.

Les deux leviers D et D' ont pour largeur celle intérieure du bâti (voy. fig. 2), et leurs deux extrémités opposées, qui sont arrondies, vont, en s'engageant dans des rainures de forme correspondante, s'arc-bouter, l'une vers le bas de la mâchoire M, l'autre contre la pièce de butée E; cette dernière est engagée dans un évidement pratiqué dans l'épaisseur du bâti, ainsi que le coin F (fig. 2) destiné à régler sa position, c'est-à-dire à l'éloigner ou à la rapprocher de la mâchoire mobile et, par suite, faire varier, plus ou moins, l'écartement qui doit exister entre cette dernière et la mâchoire fixe M'.

Le déplacement de ce coin de serrage est obtenu en agissant sur les écrous extérieurs *f*, de façon à faire tourner, dans le sens convenable, la

tige *f'*, qui est filetée et traverse l'écrou *e* ajusté dans l'épaisseur du coin.

Pour maintenir en contact intime et permanent la mâchoire mobile, qui est articulée à charnières sur le boulon en fer *m*, reposant sur la tête du bâti auquel il est solidement relié par des brides à clavettes, des ressorts en caoutchouc *g*, renfermés dans une boîte fondue avec la traverse G fixée au bâti, sont reliés par la tige *g'* à la mâchoire. Ces ressorts, composés de rondelles avec disques en fer interposés entre elles comme les tampons de chemin de fer, sont traversés par ladite tige *g*, dont l'extrémité filetée est engagée dans un écrou en bronze fondu avec le petit volant à main *v*. En faisant tourner ce volant dans le sens convenable, on règle la tension du ressort, lequel se trouve comprimé dans le mouvement de l'arrière à l'avant de la mâchoire, et qui, ensuite, par sa puissance d'expansion, la rappelle de l'avant à l'arrière.

Comme on le remarque, la mâchoire fixe M a reçu une inclinaison que l'expérience a démontrée convenable pour faciliter l'introduction dans l'appareil de blocs plus volumineux, et, suivant la nature des produits à concasser, cette mâchoire, ainsi que celle mobile, peuvent être complétement unies, striées ou cannelées dans un sens quelconque, ou même dans plusieurs sens à la fois.

Enfin, pour faciliter le dégagement des matières, les parois latérales de cette trémie sont inclinées légèrement vers le bas, de telle sorte que, contrairement aux côtés formés par les mâchoires, l'entrée est un peu plus étroite que la sortie; il résulte de cette disposition que l'arrangement en voûte des matières n'est plus possible, et que leur chute devenant facile, le rendement se trouve augmenté.

SERVICE ET RENDEMENT DES CONCASSEURS DU SYSTÈME AMÉRICAIN.

Nous ne possédons pas de renseignements précis en chiffres sur le travail de la machine perfectionnée que nous venons de décrire, mais nous pouvons, d'après une communication faite à la Société des ingénieurs-mécaniciens anglais, par M. J. Lancaster, donner les résultats obtenus avec les machines américaines de M. Blake, dont nous avons fait connaître les dispositions, et qui, comme on l'a vu, ne diffèrent que par quelques détails de construction.

Les machines dont il est ici question sont employées aux usines de Kirkless-Hall pour broyer la pierre calcaire et le minerai. L'une sort des ateliers de l'inventeur, et a commencé à marcher en octobre 1862; depuis elle a toujours fonctionné. La dimension des mâchoires est de 0m510 de long sur 0m178 de largeur d'ouverture au sommet, ce qui représente par conséquent la plus grande pierre que la machine puisse broyer. Le poids le plus considérable de pierres calcaires broyées en une journée de dix heures, a été de 120 tonnes, c'est-à-

dire 12 tonnes par heure; mais le poids moyen des pierres broyées par journée de travail régulier est de 100 tonnes par jour ou de dix tonnes par heure.

En présence de l'économie et de l'avantage que donne l'emploi de cette machine, comparativement au travail manuel, M. Lancaster a fait établir par M. Marsden, constructeur anglais de Leeds, une seconde machine qui commença à fonctionner au mois d'août 1864, et qui, comme la première, est destinée à broyer des pierres calcaires; ses mâchoires ont 0m 510 de longueur sur 0m 254 de largeur d'ouverture au sommet.

Cette seconde machine broie environ la même quantité de pierre par jour que la première; elle est maintenant employée pour réduire en menus morceaux des minerais de fer ou autres pour les hauts-fourneaux, aussi bien que les scories que l'on utilise à l'entretien des routes.

Après des expériences faites sur ces deux machines, M. Lancaster a trouvé que les frais de broyage de toute espèce de matière à la dimension environ des scories employées sur les routes, ne s'élevait qu'à 30 centimes par tonne, y compris le déchargement des wagons, l'introduction des matières dans la machine, la force du moteur à vapeur, enfin toutes les dépenses nécessaires au service de la machine.

La vitesse transmise à l'arbre moteur actionnant la machine, était d'environ 200 révolutions par minute, et l'écartement de celle-ci de la mâchoire fixe, rapprochée le plus près possible, était en bas de 0m 0254; le rendement dans ces conditions est d'environ 5 tonnes par heure; mais lorsque les mâchoires sont distantes de 0m 040 à 0m 045, on peut obtenir le rendement mentionné plns haut de 10 à 12 tonnes par heure.

La force nécessaire pour faire marcher une machine de la plus grande dimension serait de 15 chevaux.

Les seuls organes qui aient été remplacés jusqu'à présent aux deux machines dont il s'agit, sont les mâchoires fixes et mobiles; on a constaté qu'avec un travail constant, elles pouvaient durer environ six mois, et que les plus résistantes étaient celles en fonte blanche, avec les faces cannelées bien refroidies. Là seulement est l'usure, sauf pourtant celle qui existe dans toutes machines en mouvement, des coussinets de la bielle et de l'arbre à manivelle.

Dans le prix de revient estimé plus haut de 0 fr. 30 par tonne, pour le concassage, ne sont pas compris les frais de camionnage pour apporter et emporter les matériaux, ni l'intérêt du capital nécessaire à l'achat de la machine, ni les frais d'entretien, et ajoutons aussi que le coût du charbon aux usines de Kirkless-Hall, qui est compris dans le prix de 0 fr. 30, n'est que de 4 fr. 35 par tonne.

Le minerai de fer employé dans ces usines est très-dur : aussi la machine doit-elle fonctionner plus lentement avec ce minerai qu'avec d'autres, en ce qu'il lui faut broyer plus longtemps pour réduire; mais en général on a trouvé que les matières les plus lourdes passaient plus promptement que celles plus légères, leurs plus grands poids les maintenant plus sûrement et les faisant mieux se présenter à l'action des mâchoires.

Il y a maintenant environ une cinquantaine de ces machines utilisées dans les carrières de granit pour casser les petits morceaux destinés à l'entretien des routes, et là où les déchets étaient perdus ou devaient être cassés à la main, avec une dépense de 2 fr. 50 par tonne, on obtient maintenant ce travail à

raison de 0 fr. 30 par tonne, et les déchets de pierre sont aussi vite débités que les tombereaux peuvent les emporter.

Quelques-unes de ces machines sont aussi employées pour concasser de la pierre d'émeri, que l'on soumet ensuite à une pulvérisation plus complète ; on a ainsi, par leur usage, obtenu une grande économie, principalement en ce qu'elles ne font pas autant de poussière que les machines à moudre ordinaires.

Jusqu'à ce jour, il a été difficile de respirer dans un moulin à émeri, vu la quantité de poudre très-fine répandue dans l'air, laquelle formait, en outre, un déchet très-appréciable ; en même temps que pour moudre l'émeri et lui donner toute grosseur voulue de grain, on éprouvait de grandes difficultés à ne point le produire également en poudre fine.

La nouvelle machine, en permettant de concasser sans chocs l'émeri en petits morceaux appropriés pour le moulin à moudre, évite en partie ces inconvénients, car elle ne produit qu'une faible quantité de poudre fine ; ce qui apporte une grande économie, car la plus grande dépense provenant des déchets, consistait principalement dans la réduction des grands blocs en morceaux de la dimension voulue pour le moulin.

Ce système de machine a aussi été employé pour broyer des minerais d'étain, de cuivre et d'or, et ici encore on lui a trouvé des avantages sur les bocards, ces derniers offrant l'inconvénient de détruire avec leurs pilons la matrice ; la matière dont celle-ci est composée, se trouvant pulvérisée, se mêle au minerai, et l'appareil à laver a d'autant plus de difficulté pour séparer les matières étrangères. En faisant usage de la nouvelle machine, on peut, après le broyage, recueillir 75 pour cent de matière étrangère, en disposant au-dessous des mâchoires une table tournante desservie par des enfants, qui enlèvent les gros morceaux de pierre et de gangue mélangés au minerai : on peut donc ainsi ne laisser que 25 pour cent à laver, au lieu de la masse entière ; l'action de la machine étant d'ouvrir, de dégager le métal sans pulvérisation.

Le prix d'une des plus grandes machines, ayant des mâchoires de 0^m510 de long sur 0^m254 de largeur d'ouverture au sommet, est, tout compris, de 6,000 fr.

La plus petite machine qui ait été construite, pesant 3 1/2 tonnes, coûte 3,500 fr. ; elle a été construite aux États-Unis avant que ce système eût été introduit en Angleterre ; elle fonctionne maintenant dans une carrière de schiste (*Whinstonne*) à Witton-le-Wear, et broie quarante tonnes de schiste par jour ; M. Marsden l'a vue broyer jusqu'à 3^m à 3^m 1/2 cubes par heure.

La plus grande machine construite en Amérique avait des mâchoires de 0^m510 de long sur 0^m188, au lieu de 0^m254 de largeur d'ouverture. On a eu à subir plusieurs ruptures avant que le bâti en fonte soit établi avec assez de solidité pour résister aux efforts qu'il devait supporter en broyant de la pierre.

Le travail auquel cette machine fut d'abord consacrée en Amérique, consistait à broyer des pierres dans le parc central de New-York, dans lequel, en 1858, on devait faire de 5 à 7 milles de route. On avait besoin pour cela d'une grande quantité de pierre, et on ne voulait en mettre aucune sur cette route, qui ne passât dans un anneau de 0^m0508 de diamètre : le prix payé pour casser la pierre dans ces conditions par le travail manuel, était d'environ 11 fr. par mètre cube. La machine concassa la pierre, à raison de 3 fr. 50 seulement par mètre cube ; aussi, après trois mois écoulés, une somme suffisante pour payer entièrement sa valeur avait été économisée ; de plus, le travail a été trouvé infiniment

plus régulier que celui du travail manuel qui coûtait plus de trois fois plus. Les pierres à broyer étaient des cailloux de roche bleue, aussi durs que du silex et considérablement plus tenaces.

Toutes les fois que cela est possible, ces machines doivent être disposées de façon à s'alimenter automatiquement, soit par un couloir incliné, lorsque la pierre se trouve à un niveau élevé, soit par des élévateurs qui, du sol, transportent la matière dans la machine. Dans une carrière, une de ces machines a été installée au bas d'un coteau, et un couloir incliné conduisait les pierres directement dans la trémie; par ce mode d'alimentation, un homme pouvait fournir 100 tonnes de pierre par jour à la machine, et faisait ainsi l'ouvrage de quatre hommes qui auraient alimenté manuellement. En ajoutant des rails pour amener les wagons immédiatement au-dessous de la machine, on pouvait charger un train de 12 wagons en vingt minutes; il suffisait d'ouvrir une trappe et de laisser écouler la pierre cassée dans les wagons.

Ainsi disposé, on a trouvé que la pierre pouvait être broyée et emportée à 50 milles sur les rails, à moins de frais qu'il n'en fallait auparavant pour charger et délivrer la pierre brute. Là où la pierre devait être fournie manuellement à la machine, il fallait compter 10 centimes de plus par tonne.

La machine des usines de Kirkless-Hall était placée à un niveau tel, qu'il n'était pas possible de l'alimenter automatiquement; à la main, l'homme chargé de ce soin pouvait fournir 30 tonnes par jour, à raison de 3 fr. 10 c.; c'est la première machine qui ait fonctionné en Angleterre: toutes les autres ont été introduites depuis 1862.

Le constructeur, M. Marsden, fait observer que dans la construction des mâchoires on doit faire une différence pour celles destinées à broyer les pierres pour les routes, lorsqu'on veut éviter de faire de la poussière, et de celles employées pour écraser les scories (*bulldog*), par exemple, destinées à garnir les fours à puddler, où la poussière importe peu. Pour ce dernier travail, les dents des mâchoires doivent être plus plates, et leur hauteur n'être que de 12 à 13 millimètres, tandis que dans les machines destinées à broyer les pierres pour les routes, les dents doivent être beaucoup plus tranchantes, et former une saillie de 20 millimètres environ. Dans les deux cas, les dents sont espacées de la même manière: savoir de 0m 625 de centre à centre; la pointe des dents est plate, de 3 à 6 millimètres de largeur, et les bords sont arrondis.

Une de ces machines avec des dents plus tranchantes, est maintenant employée aux usines de Gateshead pour traiter des pyrites: il est essentiel dans ce cas de concasser en évitant autant que possible de les réduire en poussière, et elle remplit parfaitement son but.

DESCRIPTION DES MACHINES A EXCENTRIQUES

A MACHOIRE SIMPLE ET A MACHOIRES DOUBLES MOBILES, DE M. DYCKHOFF.

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 3 A 7, PLANCHE 7.

Sur le même principe de l'écrasement entre des mâchoires, M. Dyckhoff a imaginé et fait exécuter dans ses ateliers deux dispositions de machines à concasser, parfaitement entendues comme construction, qui

par cela même, offrent un véritable intérêt et présentent dans la pratique des avantages notables.

Système a machoire simple. — La première de ces machines est à une seule mâchoire mobile; elle est représentée en section verticale et longitudinale fig. 3, et en plan, partie coupée horizontalement, fig. 4.

Cette machine, composée d'une caisse en fonte B, fermée de trois côtés, est reliée par quatre forts boulons B' aux deux paliers *b*, qui reçoivent dans des coussinets en bronze l'arbre coudé A. Les boulons sont munis d'embases qui maintiennent l'écartement entre la caisse et les paliers; des écrous *b'* en opèrent le serrage : le tout est fixé solidement sur un fort cadre en charpente G qui repose sur le sol, et porte les paliers *g* dans lesquels tourne l'arbre moteur H; celui-ci est muni du volant régulateur V et des poulies P et P', l'une fixe recevant le mouvement du moteur, et l'autre folle pour l'interrompre à volonté.

Cet arbre porte, sur le bout opposé au volant, le pignon *p* qui engrène avec la grande roue R, calée sur l'arbre à manivelle A, auquel il transmet un mouvement de rotation continu, retardé dans le rapport de 1 à 5, le pignon ayant 0m200 au cercle primitif des dents, et la roue 1 mètre.

Le coude ou la manivelle de l'arbre A est tourné avec deux collets, près des embases des paliers, pour recevoir les coussinets en bronze de la bielle à deux têtes C. Celle-ci *commande directement la mâchoire mobile M'*, à laquelle elle est reliée par des boulons *c* laissant le jeu nécessaire au mouvement, lequel s'opère sur une petite saillie ménagée de fonte vers le milieu de la hauteur de la mâchoire, et correspondant à une saillie semblable, dont la plaque inclinée qui forme l'extrémité de la bielle est pourvue. Entre cette plaque et la face arrière de la mâchoire, sont interposés deux petits blocs de bois *d* permettant une certaine élasticité pendant la compression.

Un assemblage analogue, composé du bloc *d'*, serré par les boulons *e*, a été adopté par le constructeur pour la réunion de la mâchoire fixe M avec le fond de la caisse, lequel est fondu avec de fortes nervures pour résister à la pression.

Système a deux machoires mobiles. — La fig. 5 est un plan général de cette machine vue en dessus.

La fig. 6 en est une section verticale faite suivant la ligne 1-2, et la fig. 7 une coupe transversale passant par le milieu, suivant 3-4.

Ce second modèle, mieux groupé et plus ramassé, est composé d'un fort bâti en fonte, dont les côtés B et B' sont assemblés par les entretoises *e*, et des tirants en fer avec douille en fonte *e'* (fig. 3). Ce bâti, fixé par des boulons *f* sur le châssis en charpente G, est terminé par les forts paliers *b* et *b'*, dans lesquels tournent librement les deux arbres à excentriques A et A', dont les extrémités sont munies des deux roues droites dentées R et R', commandées par le pignon *p*.

L'arbre H de ce pignon est supporté, d'un côté, par un coussinet en bronze g, logé dans l'épaisseur de la flasque B du bâti (voy. fig. 7), et de l'autre, par un palier indépendant g' (fig. 5), monté sur une pièce de bois reliée au châssis G'.

Les entretoises inférieures m et m' sont en fer forgé, et servent de tourillons à deux fortes plaques en fonte C et C' qui, par suite, peuvent osciller; une partie de leur face extérieure est dressée pour recevoir les patins e et e', traversés par les arbres A et A'. Ces patins sont garnis de bandes d'acier pour le frottement, et sont reliés aux plaques par des platines en fer h, qui laissent le jeu nécessaire au déplacement des mâchoires.

Ces plaques se trouvent donc reliées aux colliers *sans l'intermédiaire d'aucune bielle*, mais non d'une manière rigide, de façon à être seulement entraînées par ceux-ci dans le mouvement alternatif qui leur est imprimé par les excentriques, tout en permettant aux patins des colliers de glisser sur les surfaces dressées des plaques.

Sur ces plaques sont superposées les mâchoires en fonte M et M' coulées en coquilles, unies du côté où elles sont en contact avec les premières, et présentant des saillies en forme de pointe de diamant du côté tourné vers l'intérieur du bâti. Ces mâchoires sont placées l'une par rapport à l'autre suivant une certaine inclinaison, de manière à former les parois d'une trémie.

Les matières à concasser sont jetées dans la partie supérieure, et à chaque révolution des arbres A et A', chacun des morceaux contenus est brisé en plusieurs autres qui, étant d'un volume moindre, descendent progressivement jusqu'au moment où, réduits à une grosseur convenable, limitée par l'écartement des mâchoires à leur partie inférieure, ils s'échappent au-dessous pour tomber soit dans un wagon, soit sur une nappe sans fin N, qui les transporte en tout autre point de l'établissement.

Les saillies que présentent les mâchoires M et M' ont pour but, non-seulement de faciliter la rupture des morceaux, en pénétrant dans ceux-ci sous forme de coin, mais aussi d'empêcher qu'ils remontent en glissant sur les faces inclinées, ce qui ne manquerait pas de se produire si elles étaient entièrement planes.

La disposition adoptée pour cette machine permet de concasser des matières très-dures; la différence entre les rayons des engrenages R et R' et des excentriques est telle, qu'un léger effort exercé sur les dents des roues produit une pression considérable sur les deux plaques.

Pour obtenir dans cette machine une ouverture plus ou moins grande des mâchoires, il suffit de modifier la position respective des deux excentriques en faisant varier seulement celle des dents d'engrenage.

Les deux mâchoires M et M', ayant chacune une course égale à la moitié seulement de l'espace dont elles doivent se rapprocher, les

engrenages R et R′ ont à résister à une pression, et les arbres A et A′ à une torsion bien moindre que si l'une des mâchoires restait fixe, et l'autre mobile de toute la course nécessaire.

La réaction produite par la pression agit dans cette machine de manière à rompre les côtés B et B′ du bâti ; pour les consolider et éviter que la fonte peu résistante au choc porte sur la totalité de l'effort, la partie inférieure du bâti est renforcée par deux forts liens en fer forgé I (fig. 7), mis à chaud sur les moyeux, qui sont traversés par les entretoises *m* et *m′*, maintenues par les bouchons à vis *n*. Dans la partie supérieure, la pression est supportée par quatre grands boulons *b′* traversant entièrement les tubes creux fondus avec les côtés, et servant en même temps à fixer les coussinets des deux arbres A et A′.

Par ce mode de construction, la fonte des flasques du bâti est presque entièrement déchargée, et la réaction de la pression a pour effet de soumettre seulement les frettes I et les boulons *b′* à un effort de traction longitudinale. Quant à la pression latérale tendant à écarter les deux côtés du bâti, pression qui, relativement à l'autre, est très-faible, elle est supportée par les entretoises *e′* et les agrafes *e*.

Afin d'amortir le choc qui se répète à chaque tour des arbres M, des plateaux en bois *d* et *d′* sont interposés entre les mâchoires et les plaques en fonte C et C′, de manière à former entre ceux-ci un coussin quelque peu élastique suffisant pour empêcher une rupture.

Suivant la grosseur des morceaux concassés que l'on désire obtenir, on réduit ou on augmente l'épaisseur de ces plateaux en bois.

Enfin, un volant V, monté sur l'arbre moteur H, s'oppose à l'irrégularité de mouvement qui serait occasionné par le travail intermittent de la machine. Deux poulies P et P′, l'une fixe et l'autre folle, placées sur le même arbre, reçoivent alternativement la courroie motrice.

Ce système de machine peut, sans changement de disposition, être employé avec un égal avantage au concassage des minerais, du sel gemme, des pierres, etc., en modifiant seulement la forme des saillies des mâchoires et la force des divers organes qui la composent, suivant la nature et la dureté des matières à concasser.

Voici, du reste, des résultats d'expériences qui nous ont été fournis par M. Dyckhoff.

SERVICE ET RENDEMENT DE LA MACHINE.

Les matières à concasser sont amenées sur un plancher ou plate-forme établi au niveau de la charpente supportant la machine; là, deux hommes prennent à la main les morceaux de minerais, de pierres, etc., et les jettent un à un entre les mâchoires disposées en forme de trémie; cette manière d'alimenter la machine est préférable à celle qui consisterait à placer au-dessus des mâchoires une autre trémie destinée à rece-

voir les morceaux, non un à un, mais par wagonnets ou brouettées entières; ces morceaux présentant une grande irrégularité dans leurs formes, les angles en saillies des uns s'arrêteraient dans les creux des autres et ils formeraient ensemble dans la trémie une sorte de voûte qui ne laisserait plus descendre les matières et interromprait par conséquent l'alimentation de la machine.

Les morceaux réduits à une grosseur convenable, limitée par l'écartement des mâchoires à leur partie inférieure, sont reçus sur une nappe sans fin mise en mouvement par l'arbre moteur de la machine elle-même; cette nappe, placée suivant une certaine inclinaison, relève les matières concassées à une hauteur telle qu'elles puissent tomber librement, sans le secours de bras d'hommes, dans des wagonnets placés à l'extrémité de la nappe.

Cette nappe devient inutile dans le cas où, sans inconvénient pour la facilité de l'arrivage des matières à concasser, on peut établir la machine à une hauteur suffisante pour laisser en dessous le passage à des wagonnets dans lesquels tombent directement les morceaux sortant du concasseur. Avec ou sans nappe, un homme peut déplacer les wagonnets pleins et placer les wagonnets vides sur le chemin de fer établi sous la machine : trois hommes suffisent donc pour la desservir.

Avec ce personnel, les essais ont donné pour résultats :

100,000 kilogrammes de minerais de fer concassés en 12 heures de travail; les blocs de minerais étaient pris tels qu'ils sortaient des minières, c'est-à-dire de 0m35 à 0m50 de grosseur.

En pierres de route, le rendement a été seulement de moitié, soit 25 mètres cubes en 12 heures, car cette matière étant beaucoup plus dure que le minerai, les essais ont dû être faits avec des excentriques donnant aux mâchoires une course moitié de la précédente, afin que les dents des engrenages ne supportent pas un effort plus considérable que celui pour lequel ils ont été calculés.

Avec les mêmes excentriques que pour la pierre, ont été concassés des laitiers très-durs, d'une nature particulière, obtenus dans les fourneaux de Novéant (Moselle), et auxquels on a donné le nom de *porphyre artificiel*.

La même machine a encore brisé des morceaux d'une pierre dite pierre euritique, d'une extrême dureté, égale, sinon supérieure à celle du marbre. — Ce dernier essai, auquel la machine a très-bien résisté, n'a été fait que pour éprouver sa puissance et sa solidité.

Le sel gemme n'a pas été essayé sur cette machine, mais celle qui est représentée par les fig. 3 et 4 est employée à cet usage aux salines de Saint-Nicolas-Varengeville, et, quoique construite moins solidement que la nouvelle, travaille depuis près de deux ans et concasse chaque jour 48 mètres cubes en 12 heures.

La seconde machine donnerait, suivant M. Dyckhoff, le même produit en sel gemme qu'en minerais de fer.

Les quantités de matières concassées indiquées ci-dessus ont été obtenues en faisant marcher le concasseur à raison de 30 coups de mâchoires par minute; le rendement peut donc être considérablement augmenté en accélérant la vitesse que l'on peut porter sans inconvénient à 40 ou 45 coups.

La force nécessaire pour faire fonctionner le concasseur, dans ces conditions, et à la vitesse de 30 coups, est de quatre chevaux-vapeur.

Comme on le voit, ce système de concasseur peut être employé pour bien des matières, quelle qu'en soit la dureté, mais l'application la plus répandue sera pour les minerais de fer et pour les pierres employées à la fabrication du béton dans les entreprises de travaux publics. Elle sera aussi très-avantageuse pour casser le plâtre avant de le moudre.

Entre autres avantages sur le concasseur américain, celui de M. Dyckhoff présente celui d'une bien plus grande régularité dans la grosseur des morceaux concassés : en effet, ici chaque morceau, pour sortir de la machine, doit traverser l'espace libre laissé entre le bas des plaques, espace variant de 0m015 au plus sur 0m040, ou 0m050, tandis que dans la machine de M. Blake l'écartement des mâchoires à la partie inférieure, c'est-à-dire au point de sortie, varie de toute la course de la mâchoire mobile.

DESCRIPTION DU CONCASSEUR HYDRAULIQUE

DE M. CHAMBER, REPRÉSENTÉ FIG. 8.

La fig. 8 représente en section verticale une machine à concasser, patentée en Angleterre le 25 octobre 1861, au nom de M. E. Chamber, et basée, comme celle de M. Blake, sur l'emploi d'une mâchoire mobile inclinée, agissant par compression sur les matières à concasser, et serrées contre une mâchoire fixe verticale. Mais ce qui la distingue de celle-ci, c'est que la mâchoire mobile est à double action et qu'elle est actionnée par un système de presse hydraulique à deux corps d'une disposition tout à fait originale.

On voit, en effet, que le boulon en fer *m*, qui sert de centre d'oscillation à la mâchoire M′, se trouve placé vers le milieu de sa hauteur, et le mouvement lui est communiqué alternativement par l'un et l'autre des pistons *p* et *p*′, qui peuvent glisser dans les deux petits corps de presse D et D′. Ces derniers sont garnis de cuirs emboutis qui forment joint hermétique sous la pression du liquide refoulé dans les cylindres par les petits pistons *a* et *a*′.

Les têtes de ces pistons sont assemblées à une même traverse *c*, animée d'un mouvement rectiligne vertical, par les deux bielles en fer C,

attachées d'un bout aux extrémités de cette traverse, et, du bout opposé, à l'arbre moteur A qui, à cet effet, est forgé avec deux coudes et muni de deux volants et des poulies fixe et folle P.

Avec une telle disposition, lorsque, par exemple, la traverse *c* descend, le plongeur *a'* refoule le liquide contenu dans le cylindre D' et, par suite, repoussant le piston *p'*, celui-ci presse le bas de la mâchoire, laquelle se ferme alors, tandis que sa partie supérieure s'ouvre, car le piston *p* s'est pendant ce temps reculé d'une quantité correspondante, par le retrait du plongeur *a*.

L'effet contraire a naturellement lieu quand la traverse *c* remonte avec les plongeurs : le piston *p* s'avance en fermant le haut de la mâchoire, et celui *p'* recule, laissant le bas s'ouvrir d'une même quantité.

Par suite de la forme même de la mâchoire présentant celle d'une double trémie, il se produit un double concassage, et le travail est pour ainsi dire continu.

Ainsi un premier concassage de gros blocs a lieu lorsque les plongeurs remontent dans la partie supérieure, qui ne laisse passer que les morceaux dont la grosseur est déterminée par l'écartement existant entre la face interne de la mâchoire fixe M, et la saillie *m'* ménagée en dessous du centre d'oscillation *m*; puis, quand les plongeurs descendent, la partie inférieure travaille à son tour et achève le concassage.

Pour éviter les accidents qui pourraient résulter d'une résistance inattendue entre les mâchoires, les corps de presses D et D' sont pourvus de petites soupapes de sûreté *s* et *s'*, et comme dans ce cas il y aurait perte de liquide, on en refoule de nouveau à l'intérieur des cylindres, à l'aide du tuyau T, en communication avec une pompe hydraulique à main.

La quantité plus ou moins considérable de liquide que renferment les cylindres est aussi un moyen de régler la course des pistons et par suite l'amplitude des mouvements d'oscillation de la mâchoire.

Cette machine est exécutée pour marcher à la vitesse de 300 révolutions par minute, et comme elle est à double action, la mâchoire donne 600 coups dans le même temps.

La course des plongeurs est de 0^{m}17, et la puissance motrice nécessaire pour produire le travail est, d'après l'auteur, moins considérable que celle absorbée par les machines analogues; de plus, par la disposition de sa trémie double, elle permet le concassage de blocs plus gros; ainsi des pierres de 25 et même de 30 centimètres cubes peuvent être réduites en morceaux de 2 ou 3 centimètres.

TISSAGE

MÉTIER MÉCANIQUE A TISSER

LES DRAPS NOUVEAUTÉS

De MM. BACOT et fils, manufacturiers à Sedan

Construit par M. L. BRUNEAUX fils aîné, de Réthel

(PLANCHE 8)

Parmi les nombreux métiers mécaniques qui avaient été envoyés à l'Exposition universelle de Londres, nous y avons remarqué celui de MM. P. Bacot et fils, qui présente des combinaisons nouvelles pour lesquelles ces manufacturiers se sont fait breveter à la date du 10 août 1861.

Tout d'abord, ce métier est remarquable par ses grandes dimensions; ainsi il permet de tisser des draps qui n'ont pas moins de 2m70 de largeur; quant à son mécanisme, il a subi des améliorations importantes qui sont :

1° Le mouvement des boîtes à navettes qui s'opère horizontalement, et leur déplacement qui a lieu au moyen de la machine Jacquart;

2° La chasse est commandée par un arbre coudé et des bielles d'une très-faible longueur, afin de produire, à bout de course, un temps perdu assez considérable pour que la navette ait le temps de parcourir la grande largeur de l'étoffe;

3° Le lançage des navettes, au moyen d'un ressort et d'une camme à détente, ce lançage étant subordonné au mouvement de la mécanique Jacquart;

4° Une nouvelle disposition des butoirs, permettant aux boîtes de se déplacer, sans que ces butoirs cessent de fonctionner, et opérant l'arrêt automatique du métier lorsque la navette n'arrive pas jusqu'au fond de la boîte.

De l'application de ces nouvelles combinaisons aux métiers à tisser, il résulte des avantages qui se résument par un service plus sûr,

plus facile, et un travail plus parfait obtenu plus économiquement.

Aussi, quand l'ouvrier vient à détisser ou à chercher sa duite, il n'éprouve aucune difficulté pour remettre son métier en marche, car à chaque levée que fait la mécanique Jacquart, la navette, qui est désignée pour passer la duite, passe toujours pour cette même levée, soit en tissant, soit en détissant; le tisseur n'a alors jamais besoin de veiller à ce que les navettes soient en rapport avec le dessin de l'étoffe, puisque chaque levée fait partir la navette qui lui est propre.

Dans les métiers dont la marche des boîtes et du lançage est faite par excentrique, et, par conséquent, indépendante du Jacquart ou d'un autre système de levée, quand le tisseur a besoin de chercher sa duite ou de détisser, l'accord de la marche des boîtes et du lançage avec le dessin de l'étoffe est perdu; l'ouvrier est alors obligé, avant de faire remarcher son métier, de mettre d'accord la marche des boîtes avec le dessin de l'étoffe, ce qui lui occasionne une perte de temps et une grande difficulté.

Le système des boîtes horizontales a aussi des avantages sur les boîtes montantes, en ce que le tisseur voit constamment sa navette, aussi bien dans la dernière boîte que dans la première; il peut donc vérifier commodément ses navettes et regarder si elles sont toujours garnies.

Dans les boîtes montantes, le tisseur voit à peine la navette de la première boîte, les navettes placées dans les boîtes inférieures sont complétement cachées à sa vue; aussi, quand une fusée est finie ou que la duite casse, l'ouvrier ne le voit-il jamais du premier coup d'œil, le métier marche alors à vide, il faut détisser pour retrouver la duite, ce qui cause une perte de temps, surtout quand les fils de trame sont délicats.

Les angles des boîtes montantes ont encore l'inconvénient de couper les fils, ce qui ajoute une difficulté de plus; les boîtes horizontales n'ont, suivant l'auteur, aucun de ces défauts.

DESCRIPTION GÉNÉRALE DU MÉTIER

REPRÉSENTÉ PAR LES FIGURES DE LA PLANCHE 8.

Les parties principales du métier, celles qui ont été plus particulièrement perfectionnées par M. P. Bacot et fils, et que nous allons décrire avec plus de détails sont :

1° L'ensouple et l'envideur de l'étoffe;

2° La chasse et son mouvement;

3° Les boîtes à navettes et leur mouvement;

4° Le mécanisme qui chasse la navette;

5° Le débrayage qui doit s'opérer lorsque la navette n'arrive pas dans sa boîte.

La fig. 1 est une élévation vue de bout du métier, du côté de la

commande; montrant les poulies motrices, le mouvement des boîtes et de la chasse.

La fig. 2 est une section transversale, laissant voir la commande du chasse-navette et celle de la chasse.

Les fig. 3 et 4 représentent, en vue de face, les deux extrémités du métier. On y a supprimé la tête, parce qu'elle ne présente rien de particulier, et que sa hauteur, augmentée encore de celle de la Jacquart, aurait mis dans l'obligation de réduire l'échelle du dessin.

Les fig. 5 et 6 représentent, en coupe et en plan, la boîte à navettes.

De l'ensouple et de l'envideur. — Les fils de chaîne qui doivent former la longueur de la pièce de drap, sont enroulés parallèlement entre eux sur l'ensouple A, composée de deux pièces de bois collées ensemble et traversées par une tringle de fer carrée, dont les extrémités, désaffleurant l'ensouple, sont tournées pour former des tourillons, qui reposent sur une petite console venue de fonte avec le bâti B.

La chaîne est fixée sur l'ensouple A à la manière ordinaire, c'est-à-dire que le bout est engagé dans une rainure rectangulaire pratiquée sur toute la longueur du cylindre, puis serré par une règle en bois qui pénètre dans la rainure en fixant tous les fils de chaîne qui y sont engagés. Ces fils sont ensuite enroulés sur eux-mêmes, pour atteindre la longueur voulue, et la largeur des fils réunis, ou la chaîne proprement dite, est maintenue par deux plateaux en bois A′ que l'on peut déplacer sur l'ensouple, suivant les différentes largeurs d'étoffe à produire.

Une poulie C, fixée à l'une des extrémités de l'ensouple, reçoit une courroie dont les deux bouts réunis viennent s'accrocher au levier D (fig. 1 et 3), qui a son point fixe sur le bâti, et dont l'extrémité est chargée d'un poids *d*; l'action de ce poids au bout du levier détermine, sur la poulie C, une pression que l'on peut toujours régler à volonté.

La pression ainsi déterminée sur l'ensouple empêche celle-ci de se dérouler trop facilement, et produit sur la chaîne une tension convenable et qui reste toujours au même degré pendant le travail.

La chaîne passe ensuite, de l'ensouple A, sur la poitrinière postérieure E, forte pièce de bois qui relie les deux bâtis B, et contre lesquels elle est fixée de manière à pouvoir varier de hauteur, selon les besoins; près de cette pièce, des baguettes d'envergure *a* divisent la chaîne en fils pairs et en fils impairs, de manière qu'ils ne puissent se mêler ni même passer l'une devant l'autre.

La chaîne traverse ensuite les lisses de la mécanique d'armure, qui ont été supprimées sur le dessin, puis le peigne *i* de la chasse I, I′, et l'étoffe se forme en dehors de ce dernier pour s'enrouler sur l'ensouple ou envideur F, après avoir passé sur la poitrinière de devant E′.

L'envideur F est construit de la même manière que l'ensouple A, ses dimensions sont exactement les mêmes, et l'étoffe s'y fixe comme la chaîne sur l'ensouple A. L'envideur ne porte pas de plateaux formant

joues, comme pour la chaîne, parce que, dans l'étoffe, tous les fils de chaîne sont parfaitement réunis entre eux par la trame; par conséquent, l'enroulement peut se faire sans que les fils se mêlent.

Le mouvement qui produit l'enroulement de l'étoffe sur l'envideur F est très-simple : sur l'axe de celui-ci, et en dehors du bâti, est fixée la roue G, de 68 dents, qui engrène avec un pignon g (fig. 1 et 4), de 16 dents, faisant corps avec la roue à rochet H, de 100 dents. Cette dernière roue et son pignon sont montés sur un axe fixe, adapté contre le côté extérieur du bâti.

Dans les dents de la roue H sont engagés un cliquet et un contre-cliquet; ce dernier a son centre de mouvement sur le bâti, et le premier g' (fig. 4) est monté à l'extrémité du petit balancier h, qui oscille par son milieu sur l'axe de la roue H. L'autre bout de ce balancier est relié par une chaînette à la manivelle h', fixée sur l'axe d'oscillation de la chasse, de telle sorte qu'à chaque mouvement de celle-ci, la manivelle h' fait osciller ledit balancier.

En supposant que la chasse se recule, la manivelle suit son mouvement, ainsi que la partie inférieure du balancier sollicitée par la chaînette, et, la partie supérieure décrivant un arc de cercle en sens contraire, le crochet g' quitte la dent dans laquelle il était engagé, et, tombant sur l'une des dents précédentes, fait tourner la roue H, sous l'action du contre-poids f (fig. 1), suspendu à un bras forgé d'équerre avec le balancier, et cela aussitôt que la chasse revient à sa position.

Le contre-rochet fixé au bâti empêche la roue H de se détourner quand le rochet g' se déplace.

Au moyen de cette disposition de régulateur, l'enroulement se produit sous l'action d'un simple poids qui exerce une simple tension sur l'étoffe, et ne l'oblige pas à s'enrouler si une résistance imprévue se faisait sentir. En réglant convenablement le contre-poids f, suivant la nature des fils et le genre d'étoffe à produire, la tension sur celle-ci détermine un degré convenable de serrage de la duite, qui donne un tissu ni trop lâche ni trop serré.

De la chasse et de son mouvement. — La chasse est construite exactement de la même manière que celle des métiers ordinaires; elle se compose de la pièce de bois I, à section rectangulaire appelée *masse*, qui s'étend dans toute la largeur du métier, qu'elle dépasse même d'une certaine quantité pour recevoir les boîtes à navettes.

La masse est supportée, vers les deux extrémités, en dedans du bâti, par les deux montants en fonte J, appelés *épées de chasse*, fixées sur l'axe en fer j, qui oscille dans les supports j' boulonnés au bâti.

Au-dessus de la masse est une *poignée* en bois I' qui lui est parallèle, et boulonnée sur le prolongement vertical des épées de chasse. Entre la masse et la poignée, et dans des rainures qui y sont pratiquées, est maintenu le peigne i, ou *rot* entre les dents duquel passent

tous les fils de chaîne. Ce rot peut facilement se retirer lorsque l'on veut le remplacer; il suffit, pour cela, d'enlever la poignée I', qui ne tient aux épées de chasse J que par deux boulons munis d'écrous à oreilles.

Ces épées se prolongent derrière la chasse pour recevoir l'articulation de la bielle K (fig. 2), reliée à la manivelle *k* de l'arbre à deux coudes L, qui lui transmet le mouvement d'oscillation. C'est pendant le mouvement de recul de la chasse que la navette est lancée entre l'ouverture des fils de chaîne pour produire une duite; or, comme le métier est d'une grande largeur, puisque l'écartement des bâtis est de $3^m 02$, il s'ensuit que la navette, ayant à parcourir un chemin très-grand, met un temps assez long pour accomplir son trajet d'une boîte à l'autre.

On a donc été obligé, afin que la chasse ne s'avance pas pour serrer la duite avant que la navette ait accompli sa course totale dans l'ouverture de la chaîne, de lui donner une sorte de mouvement différentiel qui détermine un temps d'arrêt assez long, à la fin de sa course, pour que la navette lancée ait le temps de se rendre dans sa boîte.

Ce temps d'arrêt est obtenu par suite de la faible longueur des bielles K, qui n'ont, dans ce métier, qu'à peu près deux fois le rayon de la manivelle, ce qui produit, à la fin de la course, un point mort considérable, pendant lequel la manivelle tourne sans faire avancer sensiblement la chasse; pendant ce temps, la navette peut aisément parcourir sa course.

Pour un métier d'une plus grande largeur, on pourrait encore par ce moyen, si cela était nécessaire, obtenir un temps d'arrêt plus considérable en diminuant les bielles, pourvu que leur longueur dépassât un peu le rayon de la manivelle.

L'arbre moteur coudé L est supporté à ses deux extrémités par des paliers *l* fondus avec le bâti, et munis de coussinets en bronze; il porte à l'une de ses extrémités la roue dentée M (fig. 1), qui y est fixée par une clavette. Cette roue reçoit son mouvement du pignon M', d'un diamètre trois fois plus petit, fondu avec une douille qui porte la roue à grandes dents de rochet N et la poulie fixe O.

La douille, et par suite ladite roue à rochet, la poulie et le pignon, tournent librement à l'extrémité de l'arbre P, qui règne sur toute la largeur du métier; la poulie O qui reçoit le mouvement du moteur le transmet à l'arbre coudé L, par l'intermédiaire de la roue M et du pignon M', sans entraîner cet arbre P; celui-ci est actionné par l'autre extrémité de l'arbre L au moyen des roues Q' de même diamètre, de sorte que ces deux arbres marchent à la même vitesse.

Boites a navettes, leur mouvement. — Dans la plupart des métiers à plusieurs navettes, le mouvement des boîtes dépend du battant ou d'un système d'excentriques quelconque, il en résulte une grande difficulté lorsque l'ouvrier a besoin de détisser. Dans le métier de M. Bacot,

le déplacement des boîtes dépend essentiellement de la mécanique Jacquart. De là une grande facilité pour détisser, l'ouvrier n'est plus obligé de chercher sa duite, et, lorsqu'il remet son métier en marche, le mouvement des boîtes est toujours d'accord avec le dessin de l'étoffe.

Nous avons représenté, en section transversale fig. 5 et en plan fig. 6, l'ensemble d'une des boîtes à navettes. Sur la masse I de la chasse glisse cette boîte à 3 compartiments, dans lesquels se logent les navettes; elle est composée de quatre petites règles en bois *b*, réunies par des plaques de tôle; ses deux extrémités sont ouvertes du bout intérieur, afin de livrer passage à la navette, et, de l'autre bout, au taquet qui chasse cette navette. L'ensemble de la boîte glisse dans le sens transversal sur les coulisseaux, formés de deux lames de métal *c* (fig. 3 et 4) fixés à la masse, afin de présenter successivement chacun de ses compartiments devant le taquet lanceur.

Pour recevoir la boîte, qui est plus large que le dessus de la masse (fig. 5), celle-ci est munie des équerres en fonte *c'* sur lesquelles la boîte peut aisément glisser, et qui sont munies, à l'extrémité de leur branche horizontale, d'un talon en saillie servant d'arrêt.

Sur l'un de ces supports, entre la masse et l'*arrêt fixe* extrême, sont montés, sur des petits axes, deux *arrêts mobiles e* et *e'* (fig. 1 et 5) destinés à limiter facultativement l'amplitude de la course de la boîte.

Les axes, sur lesquels sont fixés ces deux arrêts mobiles, dont l'écartement doit être égal à celui qui existe entre les compartiments, reçoivent, enroulé, un ressort à boudin (fig. 6) agissant par torsion pour faire remonter les arrêts *e e'*, afin qu'à un moment donné ils puissent faire saillie au-dessus de l'équerre-guide *c'*.

Lorsque les arrêts sont levés et la boîte portée en avant, la course de celle-ci se trouve maintenue entre les talons des équerres *c'*, du côté intérieur de la poitrinière E' (fig. 1), et le premier arrêt mobile *e*; alors c'est le premier compartiment qui envoie sa navette en face de la ligne du rot, entre les fils de chaîne.

Si, contrairement, ce premier arrêt est baissé, et que ce soit le second qui se trouve soulevé, la boîte vient buter contre celui-ci, et c'est le second compartiment qui lance sa navette; enfin, si les deux arrêts mobiles sont abaissés, la boîte parcourt tout l'espace compris entre les talons des deux couples d'équerres, et c'est le troisième compartiment qui, par sa navette, fournit le fil de trame.

On voit donc que le changement des navettes dépend de la position des arrêts mobiles. A cet effet, ils sont reliés à la mécanique Jacquart au moyen de ficelles convenablement disposées, et de renvois d'équerres, qui ne sont pas figurés sur le dessin, mais qu'il est bien facile de concevoir. Lorsque le Jacquart fait baisser le premier arrêt mobiles, la boîte se recule, par l'effet d'un mécanisme que nous décrirons plus loin, et vient buter sur le second arrêt. Si les deux premiers arrêts se baissent

en même temps sous l'action du Jacquart, la boîte s'arrête sur le talon du guide c', et c'est alors, comme nous venons de le dire, au troisième compartiment à lancer sa navette sur la ligne du rot.

Si l'on avait besoin de plus de trois boîtes, il suffirait d'augmenter la longueur des guides c', et d'ajouter autant d'arrêts mobiles.

Voici maintenant comment le mouvement de va-et-vient de ces boîtes est obtenu : il consiste en un système de leviers mis en mouvement par les cammes R fixées aux deux extrémités de l'arbre P, dont la vitesse, comme nous l'avons vu plus haut, est la même que celle de l'arbre moteur L ; de sorte que ces cammes (dont l'une est vue en ponctués fig. 1), font un tour, pendant que la chasse accomplit une course entière ; chacune d'elles actionne un levier S, muni à son extrémité d'un galet *s* sur lequel elle agit.

Ce levier, qui a son point d'appui sur le bâti, donne le mouvement au balancier T par l'intermédiaire de la bielle S'; ce balancier oscille sur un boulon fixé au bâti, et est muni à son extrémité d'une chape, dans laquelle s'assemble, au moyen de petits tourillons, la douille *t* traversée par la tige ronde U ; cette dernière est articulée, à sa partie supérieure, avec l'équerre en fer U', qui oscille sur un axe fixé au levier vertical en fer plat U^2, lequel a son centre d'articulation *u* à la partie inférieure du bâti.

L'équerre U' est reliée à la boîte à navettes par la petite bielle fourchue u', qui lui transmet le mouvement communiqué par le balancier U^2, lequel le reçoit de la chasse au moyen de la bielle u^2 (fig. 1 et 2) fixée sur le derrière de la masse I ; de sorte que l'équerre U' se trouve animé de deux mouvements : l'un d'oscillation sur son centre, par l'intermédiaire de la camme R, du balancier T et de la tige U; l'autre de va-et-vient, correspondant à celui de la chasse, au moyen du levier U^2 qui lui sert de support.

La tige U traversant la douille *t* est entourée par le ressort à boudin T', qui se trouve comprimé entre cette douille et la bague t', fixée par une vis sur la tige U ; une autre bague t^2 est de même fixée sur la tige U, mais à sa partie inférieure en dessous de la douille *t*. Il résulte de ces combinaisons, que le balancier T, dans son mouvement d'oscillation, agit sur l'équerre U', par l'intermédiaire de la tige U, de deux manières différentes : en montant, son action pour soulever la tige a lieu sur le ressort, tandis qu'en descendant, elle se produit directement sur la tige, par l'intermédiaire de la bague t^2 qui y est fixée.

Or, le métier fonctionnant, admettons que le Jacquart a fait abaisser le premier arrêt mobile *e;* dans ce moment, le galet *s* du levier S se trouve au fond de l'échancrure de la camme R, qui, en tournant par son plan incliné, abaisse le levier S, dont la bielle S', agissant à l'extrémité du balancier T, soulève la douille *t;* celle-ci comprime alors le ressort T', qui, par la bague t', fait monter la tige U, et, par suite,

l'équerre U' oscille sur son centre en faisant reculer la boîte qui y est reliée par la bielle fourchue u'. La boîte recule jusqu'à ce qu'elle rencontre le second arrêt mobile e', qui n'a pas été abaissé par le Jacquart, et elle se trouve arrêtée, quoique cependant la camme R continue son mouvement, mais son action ne produit alors qu'une compression plus énergique sur le ressort T', l'équerre U', et par suite la boîte, ne peut plus se déplacer à cause de l'arrêt.

Dans le mouvement inverse, c'est-à-dire lorsque la camme R présente son plan incliné de descente, le galet s, ne pouvant abandonner la camme (son levier S étant sollicité par le ressort à boudin V) (fig. 1), oblige l'extrémité du balancier T à s'abaisser, et sa douille t, par l'intermédiaire du ressort T', presse sur la bague t^2, laquelle entraîne la tige U, qui, par l'équerre U', ramène la boîte dans sa première position, d'où elle repart ensuite pour recommencer une autre marche, dont la course peut varier suivant la position des arrêts mobiles.

Il est clair, par exemple, que si les arrêts restent immobiles, la boîte ne se déplace pas, le ressort T' subit seulement la compression produite par le balancier T, et le premier compartiment se trouve sur la ligne du rot; lorsque le premier arrêt s'abaisse seul, la boîte bute sur le second arrêt, et le deuxième compartiment est en face de la ligne du rot, c'est-à-dire dans la position indiquée sur les différentes vues du dessin.

Lorsque tous les arrêts mobiles s'abaissent en même temps, la boîte se recule jusqu'au talon des guides c', et c'est le troisième compartiment qui se présente; le même mouvement des boîtes est appliqué de l'autre côté du métier, et fonctionne simultanément et de la même manière que celui que nous venons de décrire.

Mécanisme du lançage de la navette. — Dans les métiers à plusieurs navettes, il est important, comme nous l'avons dit, que le lanceur soit dépendant du Jacquart afin de faciliter le détissage. Ce résultat est obtenu dans ce métier en faisant marcher à la même vitesse les deux arbres L et P, et en plaçant les deux excentriques du lançage dans la même position; mais cette disposition présenterait l'inconvénient de laisser les deux lanceurs se détendre si les inventeurs n'étaient arrivés à l'éviter par les dispositions mécaniques suivantes :

Les fouets X sont fixés de chaque côté, et à l'intérieur du bâti, sur une monture en fonte clavetée sur l'arbre x, supporté par les consoles x' fixées au bâti. Sur cet arbre est clavetée une sorte de manivelle v au bout de laquelle s'attache le ressort Y, qui est relié de même à l'arbre du fouet opposé X' (fig. 3 et 4). Le ressort Y a pour but de tirer le fouet constamment en avant, pour lui faire lancer la navette; mais cette action n'a lieu qu'autant que le Jacquart le permet.

L'arbre x porte vers son extrémité la douille z (fig. 2) munie, perpendiculaire à l'axe, du galet en acier z', qui tourne librement sur un goujou faisant partie de ladite douille; sur ce galet vient agir la camme Z

fixée sur l'arbre P, laquelle a pour mission de faire revenir le fouet dans sa position arrière. A cet effet, au milieu de l'axe x du fouet se trouve le support y, boulonné au bâti pour recevoir l'équerre v', dont l'une des branches est reliée au Jacquart par une ficelle, tandis que l'autre branche sert d'arrêt au toc y' fixé sur l'arbre du fouet.

Admettons l'instant où l'un des fouets vient de fonctionner ; le galet z' se trouve, par conséquent, dans la partie creuse de la camme Z, tandis que l'autre fouet reste en place, arrêté par l'équerre correspondante sur laquelle bute le toc, disposé de la même manière à l'autre bout du métier. La camme Z, continuant son mouvement, glisse sur le galet z', et comme le diamètre de cette camme va sans cesse en augmentant, le galet s'abaisse sous son action, et le fouet se redresse en allongeant le ressort Y; alors l'équerre de butée du bout opposé se place devant le toc correspondant, fixé de même sur l'arbre du second fouet, afin de l'empêcher de se mouvoir.

Pendant ce temps l'équerre de butée v' du premier fouet se déplace et laisse libre le toc d'arrêt; à ce moment, les cammes arrivent à bout de course et le fouet (celui dont l'équerre de butée est déplacée), sollicité par le ressort Y, se détend jusqu'à ce que le galet tombe sur la partie creuse de la camme Z' (fig. 4), puis la même série de mouvements a lieu d'une façon identique pour l'autre fouet.

Les lanceurs agissent donc chacun à leur tour, suivant que la mécanique Jacquart le leur permet.

Débrayage automatique du métier. — Il arrive très-souvent que la navette lancée n'arrive pas dans la boîte opposée, ce qui s'appelle *tisser a navette*. Ce grave inconvénient, qui peut amener soit la rupture d'une partie des fils de chaîne, soit le bris de quelques pièces du métier, est évité au moyen d'un mécanisme assez simple, qui fait fonctionner le débrayage toutes les fois que la navette reste en route.

Dans ce but, chaque compartiment de la boîte à navettes est muni d'un levier m, en métal mince recourbé (fig. 3, 4 et 5), ayant son centre d'articulation sur cette boîte et pénétrant dans les compartiments du côté qui fait ligne avec le rot. Du bout opposé à son centre d'articulation, chaque levier est muni d'un galet en bronze m', destiné à passer successivement sous la tête du balancier n, également en bronze, qui a son centre d'oscillation sur un petit support fixé sur la tête de la chasse.

A l'extrémité du levier n est articulée la petite bielle en bronze n', qui actionne la manivelle n^2 fixée au bout de la tringle o. Celle-ci règne en dehors et dans toute la longueur de la chasse, supportée de distance en distance par de petits supports en fonte fixés sur la masse I.

Cette tringle o est garnie, vers les deux extrémités, près des faces extérieures des bâtis, des doigts en fer p et p', dont l'un vient buter sur l'arrêt i' (fig. 1 et 3), l'autre sur celui i^2 (fig. 4). Le butoir principal i' est une sorte de manivelle ajustée à l'extrémité supérieure de l'arbre verti-

cal q, qui tourne dans deux supports en fonte fixés sur le côté du bâti. L'extrémité inférieure de cet arbre porte une autre manivelle r, munie d'un goujon qui pénètre dans une coulisse ménagée au levier en fonte N', lequel a son point d'articulation sur le support N^2 boulonné au bâti. Ce levier N' reçoit à son extrémité la fourchette de débrayage N^3 (fig. 1).

Le métier en marche, si la navette fonctionne dans les conditions normales, elle arrive jusqu'au fond de la boîte; en y entrant, elle soulève celui des leviers m qui correspond au compartiment dans lequel elle a pénétré, et ledit balancier décrit un arc de cercle; son galet m' s'élève alors d'une certaine quantité, et avec lui le balancier n, lequel, par l'intermédiaire de la bielle n', fait baisser la manivelle n^2, et enfin lever le doigt p, qui passe alors au-dessus des butoirs sans produire d'action.

Si, au contraire, la navette, n'atteignant pas la limite de sa course, s'arrête avant d'entrer dans la boîte, le levier m, abandonné à lui-même, reste baissé, laissant le balancier n sans action sur les doigts p et p', qui, sollicités par un faible ressort, restent baissés. La chasse continuant sa course, le doigt vient tomber dans une coche ménagée sur le butoir i', qui se trouve alors repoussé en arrière, et, faisant par suite agir la manivelle r sur le levier N', fait passer la courroie de la poulie fixe O sur la poulie folle O', amenant ainsi l'arrêt du métier.

Cet arrêt est donc obtenu automatiquement, sans le secours de l'ouvrier tisseur; pourtant il faut que celui-ci ait aussi la faculté de débrayer facilement, soit pour rattacher un fil, soit pour toute autre cause : de plus, comme le métier est très-large, il est nécessaire que le débrayage soit placé de manière à se manœuvrer aussi bien au milieu qu'à l'extrémité du métier.

Ce résultat est obtenu par l'adjonction, vers le haut de l'arbre q, d'une seconde manivelle r', munie à son extrémité d'un œil très-allongé dans lequel pénètre le goujon q', fixé au bout de la grande tringle en bois P'. Cette tringle règne dans toute la largeur du métier, guidée par deux supports en fonte P^2 fixés sur la face de la poitrinière antérieure E. Lorsque le tisseur veut arrêter son métier, il lui suffit de faire glisser, de droite à gauche, la tringle P', laquelle, agissant par son extrémité sur la manivelle r', fait osciller l'arbre q, et par suite la manivelle r qui actionne le levier N' muni de la fourchette d'embrayage N^3.

Lorsque l'ouvrier qui conduit le métier est dans la nécessité de détisser, il doit lever le cliquet n^3 (fig. 1), lequel tombe dans les dents de la roue à rochet N, ce qui empêche tout mouvement inverse.

Cette addition d'un rochet est encore très-utile dans d'autres circonstances, par exemple dans le cas où, la navette n'arrivant pas à la fin de sa course, la chasse pousse le butoir, qui, à son tour, vient frapper sur le bâti en produisant un choc considérable, se trouvant partagé entre celui-ci et la chasse; dans ce mouvement brusque d'arrêt, cette dernière reçoit un choc dont la contre-pression détermine un mouvement inverse

qui se transmettrait de la chasse à l'arbre moteur, et aux différentes parties du mécanisme si le cliquet n^3 ne s'y opposait, en s'engageant dans les dents de la roue à rochet N pour l'empêcher de se détourner.

Sur le côté droit du bâti (fig. 4), à l'extrémité de l'arbre P, est calée la camme R', dont la face, garnie d'une rainure courbe, reçoit un galet fixé à l'extrémité d'un grand levier, lequel commande la levée de la mécanique Jacquart. Nous avons donné des descriptions complètes de ces mécaniques dans les vol. v et viii de ce Recueil.

APPLICATION DU COMPTE-DUITES
A LA PAYE DES TISSERANDS.

Nous ne terminerons pas cet article sans parler d'une proposition qui a été faite récemment à la Société industrielle et commerciale de Verviers, par un homme très-compétent, M. Van der Maesen, au sujet du mode de rétribution à employer pour le tissage en général, soit au métier mécanique, soit au métier ordinaire, et même au métier Jacquart.

Cette proposition consiste à payer le tisserand d'après le nombre de duites chassées au mètre, en suivant un tarif progressif en rapport avec la perfection du travail obtenu. Pour démontrer les avantages de ce système, l'auteur examine d'abord les quatre modes de règlement établis aujourd'hui, et s'attache à bien en faire voir les inconvénients.

Ces différents règlements s'établissent suivant les localités et les fabricants :

1° A la mesure; 2° au poids de trame; 3° à l'écheveau; 4° à la duite.

Voici, d'après M. Vander Maesen lui-même, les vices ou imperfections qu'on leur reproche :

« 1° *Le payement à la mesure*, de tous le plus injuste, le plus défectueux, rémunère de la même façon l'ouvrier consciencieux et l'ouvrier incapable. Il suffit d'avoir tissé une pièce de 28 mètres avec peu ou beaucoup de trame pour recevoir le même salaire, ce qui revient à dire à l'ouvrier : Faites le plus de mètres possible, mais ayez soin de ne pas mettre trop de trame. Ce mode de règlement, condamné depuis longtemps, est heureusement peu pratiqué aujourd'hui.

« 2° *Le règlement au poids*, d'un contrôle difficile et incertain, ne permet pas de reconnaître si un tisserand a réellement été fidèle. Comment en effet établir le dol? Le tisserand peut invoquer, d'une part, la différence dans le poids des busettes, de l'autre, l'évaporation de ses trames; ce qui peut constituer des différences sensibles. Qu'arrive-t-il alors? C'est que le tisserand est payé pour avoir chassé de l'eau ou de l'huile, ou il n'est pas suffisamment rétribué, puisque le poids ne représente pas d'une manière exacte le taux de la filature.

« 3° *Le règlement à l'écheveau* présente exactement les mêmes inconvénients que le règlement au poids, car il consiste à traduire ce dernier en

compte d'écheveaux, sans autre contrôle que la rentrée à la filature, pour en déterminer le taux.

« 4° *Le règlement à la duite* est le plus rationnel, le plus logique de tout ceux pratiqués jusqu'ici. Nous l'avons vu appliqué dans plusieurs fabriques, et notamment à Reims pour les mérinos. Le travail consistant à introduire la trame dans la chaîne, il est juste que l'on prenne pour base la quantité de trame qui entre dans un tissu donné. »

Le seul reproche que M. Vander Maesen adresse à cette méthode, c'est qu'elle est incomplète, et voici pourquoi :

« Ceux qui payent à la duite, rémunèrent de la même façon des quantités différentes de duites entrées dans un nombre déterminé de mètres. »

Ainsi, lorsqu'un bon tisserand met, par exemple, 67,000 duites dans 28 mètres, un autre moins consciencieux n'en mettra que 61,000 pour le même genre de pièce et le même métrage. C'est-à-dire que, dans le premier cas, il y a 2,400 duites au mètre, tandis que dans le second, il n'y en a que 2,200. En recevant le même prix par mille duites, les deux ouvriers sont donc rétribués également, bien que le premier ait fait un travail plus parfait, nécessitant plus de soin et de temps.

Ce dernier mode, quoique le plus rationnel, est donc encore imparfait. M. Vander Maesen veut le perfectionner en proposant un tarif progressif, qui, dit-il, récompensera le bon travail et punira le mauvais.

Prenant, pour exemple, un tissu qui demande comme maximum

ou travail parfait.	2,400	duites au mètre.
il considère comme travail satisfaisant.	2,300	»
» » travail médiocre. .	2,200	»
et comme travail imparfait. .	2,100	»

Admettant alors que l'on paye 45 centimes les 1,000 duites, voici la progression qu'il propose :

				fr.
Travail parfait. . .	2,400 duites à 45 c.	les 1,000	=	1 08 le mètre.
Travail satisfaisant.	2,300 duites à 44	»	=	1, 01
Travail médiocre. .	2,200 duites à 43	»	=	0, 945
Travail imparfait. .	2,100 duites à 41	»	=	0, 861

Ainsi, par cette simple progression, la différence entre le prix du travail parfait et celui du travail imparfait est de 22 centimes par mètre. Sans progression, la différence ne serait que 13,5 centimes.

L'excédant de 8 c. 1/2 constituerait le stimulant nécessaire au bon tissage, car l'ouvrier aurait toujours intérêt à produire un travail parfait. M. Vander Maesen ne craint pas de l'affirmer d'après l'expérience qu'il en a faite dans son atelier de tissage.

Ce mode de règlement constitue une rémunération plus juste. Le bon ouvrier est payé d'une manière équitable, et l'incapable ou le négligent

st puni, légèrement cependant, puisque, pour son mauvais travail, la iffèrence de 8 c. 1/2 par mètre ne représente pas le préjudice causé.

En effet, supposons qu'un travail de 2,400 duites au mètre, ou de 7,000 duites à la pièce de 28 mètres, rende, finis, 26 mètres, soit 2,600 uites au mètre apprêté ; un travail de 2,100 duites donnera 58,800 duites la pièce de 28 mètres, et rendra, finis, avec 2,600 duites au mètre, eulement 22^{m}60, soit une différence de 3^{m}40.

Le mètre tissé et apprêté de la pièce parfaite coûtera, finie : 1 fr. 16 c.
Tandis que celui de la pièce imparfaite.......... 1 fr. 06 c.

Le tisserand imparfait recevrait donc en moins 6 fr. 16 c., que l'on eut répartir comme suit, savoir :

3 fr. 78 c. pour tissage non effectué (300 duites en moins au mètre), et
2 fr. 38 c. pour punition.

Or, ce n'est évidemment pas cette faible somme de 2 fr. 38 c. qui eut couvrir le préjudice, en supposant même que la pièce parfaitement ssée et celle imparfaite donnent, finies, le même résultat, ce qui est de ute impossibilité.

Les deux pièces, mesurant en toile 28 mètres, devront, pour avoir la même force et la même réduction au fini, rentrer au foulon : la première le deux mètres seulement; la seconde de 5^{m}40.

Le foulage pour celle-ci sera nécessairement beaucoup plus élevé. Comment alors maintenir la largeur? Quant au garnissage, la seconde sera ussi plus dure et devra être attaquée plus vivement, par conséquent ainage plus cher. De plus, le dessin et la disposition sont compromis par une réduction qui n'est pas dans la condition prévue.

Les nuances elles-mêmes, ternies par un foulage prolongé, ne pourront avoir la même vivacité que celles de la pièce parfaite.

Comme contrôle à ce système, M. Vander Maesen établit le compte-duites mesureur du travail. A son avis, le moyen le plus simple, en ce qui concerne les tissus Jacquart, consiste à placer un fil de lisière au milieu de l'étoffe, supporté par un crochet indépendant du tissu, et qui peut se soulever aux 20, 30 ou 40 duites suivant les divisions du tissage.

M. Vander Maesen dit qu'il serait désirable de rechercher le meilleur compte-duites pouvant marquer les 20 et les 100 duites, afin de rendre le compte plus facile à établir pour les tisserands, et il résume ainsi les avantages de son système :

1° Il est juste, puisqu'il rémunère exactement le travail effectué ;

2° Il est équitable, en récompensant le travail parfait, et en punissant celui qui est imparfait ;

3° Il est stimulant et tend à améliorer le mérite de l'ouvrier, en l'associant à l'intérêt du maître.

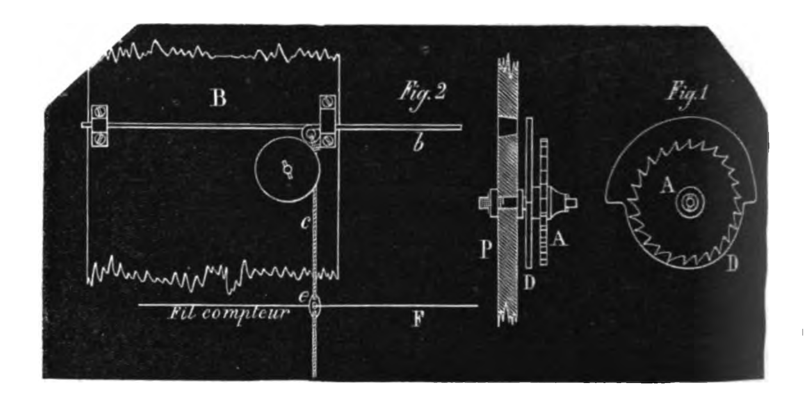
4° Il sert de contrôle pour le taux et la régularité de la filature.

COMPTE-DUITES DE TISSAGE,

PAR M. BONA, PROFESSEUR DE TISSAGE A L'ÉCOLE DE VERVIERS.

Convaincu de l'urgence de la nouvelle base proposée par M. Vander Maesen pour servir à l'établissement des prix de façon du tissage, M. Bona a résolu le problème du compte-duites en imaginant un petit appareil très-simple qui ne nécessite aucun calcul, et qu'il a livré, généreusement, au domaine public, négligeant avec intention de se faire breveter.

Cet appareil se compose, comme on le voit par les fig. 1 et 2 ci-dessous, d'un rochet A, de 25 dents, accouplé à un disque D, dont une moitié est d'un diamètre de deux centimètres environ plus grand que l'autre; ce rochet, fixé sur la planchette P à la chasse du battant du mé-



tier, reçoit du chasse-navette une impulsion qui le fait avancer d'une dent à chaque retour de la navette; soit d'un tour entier pour 50 duites.

Si on suppose maintenant, adaptée à un endroit fixe du métier, une planchette B munie de la broche *b*, mobile dans le sens horizontal et disposée de manière à être repoussée chaque fois qu'elle sera rencontrée par le battant, il sera facile de comprendre le jeu de l'appareil.

Pendant 25 duites consécutives, cette broche sera repoussée par le grand diamètre du disque, mais lorsque le petit viendra se présenter à son tour, la broche ne sera pas repoussée, par conséquent la corde *c* qui s'y rattache ne sera *pas tirée*.

Cette corde, munie d'un maillon *e* et d'un plomb comme dans une *tire*, lèvera donc un fil de chaîne F, d'une nature différente des autres, 25 fois de suite et le laissera *au fond* également 25 fois, ensemble 50.

Il suffira donc d'examiner le tissu pour reconnaître, au moyen de ce fil, le nombre de duites chassées dans une longueur donnée, et par suite il sera très-facile de les compter.

MACHINES MARINES

APPAREIL A VAPEUR DE TRENTE CHEVAUX

A CYLINDRES FIXES ET INCLINÉS POUR NAVIRE A ROUES

Construit par MM. FAIVRE FRÈRES, ingénieurs-mécaniciens, à Nantes.

(PLANCHE 9.)

La machine de navigation que nous allons décrire est due à de jeunes constructeurs, MM. Faivre frères, qui portent un nom que nous avons cité bien des fois au sujet des divers travaux de leur père, habile ingénieur-praticien, qui s'est retiré à Nantes depuis plusieurs années.

Cet appareil, bien qu'il ne présente pas de principes nouveaux, offre du moins un véritable caractère de simplicité et de solidité. MM. Faivre frères ont, en effet, recherché dans la combinaison de ce système, qui doit surtout s'appliquer aux navires du commerce, tout ce qui peut contribuer à l'économie de la construction et de la manœuvre, à la réduction du poids et du nombre des pièces. Ils ont aussi cherché à éviter ce genre de structure si resserrée, si ramassée, de quelques machines marines, qui tiennent à la vérité fort peu de place, mais qui sont presque inabordables pour le service ou pour l'entretien, et renferment parfois des mouvements vicieux, tels que des bielles trop courtes, des renvois compliqués, etc.

Voici comment MM. Faivre ont résolu le problème :

Emploi de deux cylindres fixes, inclinés à 45 degrés et actionnant une manivelle unique, ce qui amène à une simplification correspondante de l'arbre des propulseurs, réduit notablement la largeur d'ensemble de la machine et permet l'application de longues bielles ;

Changement de marche au moyen de la coulisse ordinaire, dite de Stephenson, qui constitue en même temps le mécanisme à l'aide duquel on peut produire de la détente ;

Enfin, réduction de tous les organes au nombre strictement nécessaire, comme la description qui suit permettra de le reconnaître.

ENSEMBLE DE LA DISPOSITION.

La fig. 1 de la pl. 9 représente l'appareil complet en élévation extérieure, à tribord, où se trouvent groupés tous les organes relatifs à la distribution et à la manœuvre du changement de marche;

La fig. 2 en est une section transversale passant par l'arbre de couche et sur l'appareil de condensation;

La fig. 3 est une élévation extérieure partielle qui montre particulièrement, en vue de face, le mécanisme de commande de la pompe à air et des pompes alimentaires;

La fig. 4 est la vue extérieure de l'un des cylindres moteurs et de l'une des pompes alimentaires;

La fig. 5 est une coupe longitudinale d'un cylindre à vapeur supposé couché horizontalement;

La fig. 6 en est une section transversale correspondante passant par le canal d'échappement;

La fig. 7 est un détail de l'une des deux glissières des pistons moteurs.

Tout l'appareil est porté par un bâti en fonte dont la forme est triangulaire et qui est composé de diverses parties rassemblées par des boulons. Ce sont deux flasques inclinés A, dont la partie inférieure ne possède que la largeur nécessaire pour recevoir chaque cylindre à vapeur; mais au delà des glissières la pièce s'élargit sous forme de patin pour se rattacher à l'entablement B des paliers.

Indépendamment de ces trois pièces, qui constituent une sorte de triangle fourchu, une forte traverse en fonte C relie encore les deux flasques vers le milieu de leur longueur, et l'ensemble est boulonné sur le carlingage en fer de la coque du navire; il est également rattaché aux murailles du bâtiment par deux fers en équerre D auxquels est boulonné l'entablement.

Les cylindres à vapeur E portent des patins dressés par lesquels ils sont appliqués et boulonnés sur les parties réservées à cet effet au bâti A; des rebords en saillie ménagés au cylindre permettent de le fixer en même temps par des clavettes *a*, qui le maintiennent indépendamment des boulons.

Les pistons F sont assemblés par leurs tiges avec les bielles G dont les têtes (l'une étant fourchue) viennent embrasser l'unique tourillon de l'arbre de couche, lequel est composé de trois parties, le coude central H et deux parties droites H′, qui se relient à la première par deux manchons I et portent les roues propulsives J.

A la traverse C du bâti est rattaché le condenseur K, qui est une simple capacité cylindrique, et à l'intérieur de laquelle est monté concentriquement le corps L de la pompe à air, qui reçoit son mouvement du grand excentrique en fonte M fixé sur l'arbre moteur. Comme ce conden-

seur, qui représente une masse assez importante, ne serait pas suffisamment soutenu par le patin qui l'assemble avec la traverse C, on l'a fait supporter encore par deux tirants en fer *b* qui, boulonnés avec des douilles réservées à l'entablement B, sont clavetés à leur partie inférieure avec des mamelons appartenant à deux longues tubulures *c*; celles-ci, fondues avec le corps du condenseur, sont soutenues par des nervures en écoinçon, et reçoivent les conduits d'échappement *c'*, qui communiquent avec les cylindres. L'ensemble de ce condenseur étant ainsi fixé, par adossement, avec la traverse C, et supporté par ces deux tubulures qui lui servent d'oreilles latérales sur l'axe même de son centre de gravité, est à l'abri de toute variation.

Nous devons décrire maintenant une partie importante et intéressante de l'ensemble, c'est-à-dire le mécanisme de distribution et de changement de marche.

Par la position même des cylindres moteurs dont les axes sont perpendiculaires quoique agissant sur une manivelle unique, la marche des pistons est cependant conjuguée dans les mêmes conditions que quand les axes sont parallèles, et que les pistons actionnent deux manivelles à *angle droit*. Les tiroirs de distribution *d* se trouvant dans la même position relative que les pistons, il s'ensuit qu'il suffit aussi d'un seul excentrique pour les commander simultanément à chaque changement de marche, tandis qu'il en faut quatre lorsque les cylindres sont parallèles comme dans les locomotives.

Les tiroirs sont en effet commandés par deux excentriques circulaires N et N', affectés respectivement à la marche en avant et à la marche en arrière; chacun d'eux est embrassé par un collier O ou O', auquel se rattachent, les unes par assemblage fixe et les autres par articulation (1), les quatre *barres e*, *f*, *e'*, et *f'*, qui se réunissent enfin par couple avec les coulisses *g*, auxquelles se relient les crosses *h* montées sur les tiges des tiroirs.

La manœuvre du changement de marche, consistant à déplacer simultanément les deux coulisses, de façon à amener l'une ou l'autre des barres d'excentrique *e* ou *f* dans l'axe du mouvement des tiroirs, est produite par les deux coulisses *g* rattachées, à cet effet, à deux bielles *i*, dites de suspension, qui se relient par leurs extrémités opposées et par articulation à un croisillon en fonte P, à secteur denté, lequel est monté sur un goujon *j*, fixé à demeure dans le support *k* appartenant à la traverse C du

(1) Pour que le jeu de ce mécanisme soit rigoureusement géométrique, il faudrait que chaque excentrique fût pourvu de deux colliers indépendants répondant aux deux barres *e* et *f*, dont l'assemblage serait alors pareil et fixe comme celui des barres *e* et *e'*. Mais les constructeurs ont reconnu que la légère irrégularité qui résulte de cette simplification est assez négligeable pour que l'on évite ces deux excentriques doubles de largeur qui occuperaient une place considérable sur l'arbre, et obligeraient d'ailleurs à dévier les barres pour les ramener sur les coulisses aux axes d'attaque communs.



bâti, et soutenu de plus par un boulon entretoise *k'* relié à l'entablement; ce secteur engrène avec un pignon *l* (fig. 2) forgé de la même pièce qu'une douille par laquelle il est monté, comme le croisillon P, sur un goujon *m*, fixé dans la tête du support *k*, et dont l'extrémité opposée est armée du cercle à poignée Q.

D'après cela, on reconnaît qu'en agissant à la main sur ce cercle, on fait tourner le croisillon P sur son centre *j*, et que ce mouvement est transmis simultanément aux coulisses *g* par les bielles de suspension *i*. Le secteur étant percé d'une coulisse en arc de cercle dans laquelle est engagé un goujon fixe *n* qui vient buter aux deux bouts, les deux positions extrêmes pour chaque état de marche se trouvent ainsi exactement déterminées sans hésitation de la part du mécanicien. Mais dans toutes les positions que l'on fait prendre au secteur, on l'y assujettit rigidement au moyen d'un écrou *o* monté sur une partie taraudée réservée au goujon *m*, qui se termine, à l'autre extrémité, par une embase conique contre laquelle l'action de l'écrou fait serrer le pignon *l* afin de l'empêcher de se mouvoir.

Pour compléter cet aperçu d'ensemble, il nous reste à parler de l'agencement très-particulier des deux pompes alimentaires R qui sont fixées, comme le montrent les détails fig. 4, 5 et 6, sur le flanc des cylindres à vapeur et sur leur axe.

Ces pompes ont cela de remarquable, qu'elles sont fondues chacune avec cette partie de conduit *c'* qui met chaque cylindre en communication avec le condenseur. C'est, en effet, sur l'ouverture du conduit d'échappement que la pompe est appliquée, ce que la section fig. 6 met en évidence. Elle montre bien comment le conduit *c'* contourne le corps de pompe même et vient aboutir au canal circulaire du cylindre.

On doit voir, dans cette disposition toute spéciale, une réduction notable dans le nombre d'assemblages, surtout en ce qui concerne les cylindres, les conduits, le condenseur et les pompes; l'ensemble constitue un tout bien rigide qui contribue à bien établir la solidarité entre ces différentes parties.

Quant à la commande de ces pompes, la fig. 3 montre qu'elle provient du grand excentrique M, qui met déjà la pompe à air en mouvement, et au collier duquel se rattachent, par articulation, les bielles *p*.

DÉTAILS D'EXÉCUTION.

Cylindres moteurs et distribution. — La construction de ces cylindres est assez conforme au mode suivi pour ceux des machines locomotives, dans lesquels on s'attache à faire venir de la même pièce le plus grand nombre des parties qui doivent former l'ensemble d'un cylindre et de sa distribution.

On voit, en effet, que ceux-ci portent, de la même pièce, la boite du tiroir et l'un des deux fonds dans lequel se trouve seulement réservée

une ouverture fermée, en marche, par un tampon scellé au mastic ferrugineux. La boîte du tiroir, dans laquelle la vapeur pénètre sur le côté par le conduit q, est close, comme à l'ordinaire, par un couvercle boulonné.

Le tiroir est monté aussi, comme dans les locomotives, sur une tige qui le traverse de part en part, et qui se trouve guidée des deux côtés. Mais indépendamment de ces guides naturels, la crosse h, par laquelle la tige est assemblée en dehors avec la coulisse g, est forgée avec une patte h' dont l'extrémité forme une douille qui se trouve enfilée sur un goujon h^2 implanté dans la boîte à vapeur, à côté de la garniture de la tige et dans le même plan vertical qu'elle.

Ce point d'appui latéral a pour très-grande utilité de soutenir la tige du tiroir contre la flexion que la manœuvre de la coulisse tend à lui faire éprouver; il est d'ailleurs de toute façon nécessaire, attendu que l'effort des barres d'excentrique ne peut jamais s'exercer exactement suivant l'axe même de cette tige.

Les deux cylindres sont munis à leur partie inférieure de robinets de purge r, qui sont organisés pour être manœuvrés simultanément. Leurs deux clefs portent, à cet effet, des petits bras de levier assemblés avec deux triangles r' qui se rattachent ensemble avec une manette r^2, dont l'axe tourne dans un support r^3 solidaire de la traverse C du bâti, et qui correspond à un cadran sur lequel est inscrite l'indication nécessaire au mécanicien pour la sûreté de cette manœuvre.

Disons quelques mots encore, à propos des cylindres, de l'organisation des glissières du piston, dont on voit le détail fig. 7.

On a réduit le poids et l'encombrement ordinaires de cette partie du mécanisme en rendant la glissière simple, centrale, et en armant la tige du piston d'un patin F', qui suit la coulisse réservée au bâti, dans laquelle il est maintenu par des plaques de recouvrement en fer a'. Ces plaques ont, en effet, de l'importance, car, indépendamment du changement de marche qui fait reporter la pression du patin d'un côté à l'autre ou de dessus en dessous, *et vice versa,* il est remarquable qu'en raison même de la position relative des deux cylindres, le côté de la pression dans les glissières est différent pour un même sens de marche; tandis que l'un des deux patins F' s'appuie sur le fond de la glissière, l'autre presse contre les plaques de recouvrement.

Appareil de condensation. — Le condenseur est en fonte et le corps de la pompe à air en bronze, ainsi que le clapet L^2 du piston L' qui est en fonte. Le clapet supérieur K' est aussi en fonte, mais la zone en contact avec le siége est garnie d'un anneau en bronze; il en est de même de la garniture centrale dans laquelle passe la tige du piston, qui est enveloppée sur toute son étendue d'un manchon de même métal.

La partie supérieure du condenseur est fermée par un couvercle sur lequel sont établis les guides K^2 de la tige du piston, dont l'extrémité

est armée d'un T, qui est assemblé par articulation avec la tige M' de l'excentrique M.

L'injection se fait dans le condenseur par un robinet s placé sur le côté, et dont le carré de la clef est engagé dans le renflement d'un axe horizontal s', qui, maintenu par un support s^3, est muni de la manette s^3, dont les positions sont indiquées par un cadran symétrique avec celui des robinets de purge. Ceci, en y ajoutant encore l'indicateur de vide t placé au centre du bâti, complète les divers accessoires nécessaires à la conduite de la machine, et qui se trouvent ainsi rassemblés sous la main et à la vue du mécanicien.

Pompes alimentaires. — A ce que nous avons dit au sujet de ces pompes, il nous suffira d'ajouter quelques mots sur certaines particularités de leur construction.

La section longitudinale fig. 5 montre que le corps est alésé dans toute son étendue au diamètre exact du piston plongeur u, qui est creux et en bronze. Ce piston est effectivement disposé pour que la bielle de commande p l'attaque intérieurement et que l'articulation, au point milieu de la course auquel la poussée oblique est à son maximum, se trouve encore soutenue par la garniture. On voit que cette articulation a lieu sur un boulon à chappe u' qui traverse le piston sur la moitié de sa longueur.

Le corps de la pompe est fondu à part de la chapelle R' (fig. 4), des clapets qui s'y raccorde, par une tubulure boulonnée. Les deux pompes sont alimentées par l'eau de condensation qui est prise sur le conduit de trop-plein K^3 (fig. 2), auquel est réservée une petite ouverture b' pour l'ajustement du conduit d'aspiration.

Arbre moteur et roues propulsives. — Cet arbre n'offre de particulier que les manchons I qui en rassemblent les trois parties. Ces manchons sont formés de deux plateaux en fonte, tenus rapprochés par deux boulons v, mais connexés, dans le sens de l'entraînement, par deux goujons v'. Celui des deux plateaux dans lequel ces goujons sont rivés est renforcé par une haute nervure circonférentielle, tandis que l'autre, qui en est dépourvu, est armé d'une frette en fer posée à chaud.

Les roues propulsives sont construites en fer plat, et sont composées chacune de quatre cercles et de deux croisillons à sept bras, en rapport avec la division des quatorze aubes. Tous les bras, d'ailleurs consolidés par des fers posés en écharpe, viennent se réunir sur un seul tourteau en fonte monté en porte-à-faux sur le bout de l'arbre de couche.

Les aubes sont fixées par des boulons à crochet, tant sur les bras que sur des bracons intermédiaires; étant plus étroites que l'écartement des deux cercles, elles peuvent être déplacées au besoin et rapprochées du centre si l'immersion de la coque vient à l'exiger.

On sait que la plupart des appareils de navigation à vapeur consistent réellement en deux machines semblables et complètes, placées, l'une

à tribord et l'autre à bâbord. Indépendamment du prix élevé d'un moteur dans lequel tous les organes sont rigoureusement doubles, on remarque que l'ensemble ayant sur le navire des points d'appui répartis sur une très-grande étendue de la coque, lorsque cette dernière éprouve des déformations, le moteur les ressent avec d'autant plus d'intensité, qu'il occupe lui-même une étendue plus considérable.

Il est donc admissible qu'avec l'appareil actuel, dont les principaux organes sont situés sur l'axe même du bâtiment, et réunis d'ailleurs sur une plaque unique de peu de largeur, on est tout à fait à l'abri de ces déformations et affaissements de la coque, si préjudiciables aux machines doubles placées latéralement.

Et puis, enfin, si cette machine est réellement composée de deux cylindres et de leurs accessoires complets en double, nous avons néanmoins fait remarquer que la duplication cesse pour d'autres parties importantes, telles que le bâti, une partie du mécanisme de distribution et de changement de marche, et surtout à l'égard de l'arbre moteur, qui n'a que l'importance d'un arbre de machine simple.

DIMENSIONS ET CONDITIONS DE MARCHE.

A cette description succincte, qui permettra cependant d'apprécier les conditions d'établissement de cette machine marine, nous désirons joindre un relevé de ses dimensions principales sur lesquelles nous nous appuyons pour analyser ensuite les conditions théoriques de son fonctionnement.

Voici en quoi consistent ces dimensions :

Diamètre des pistons à vapeur.	0^{m} 41
Section correspondante.	$1320^{c.q.}$
Course.	0^{m} 60
Volume engendré par coup simple.	$79^{d.c.}$ 200
Diamètre du piston de la pompe à air.	0^{m} 48
Section correspondante.	$1809^{c.q.}$
Course.	0^{m} 34
Volume engendré par coup simple.	$61^{d.c.}$ 506
Diamètre du piston des pompes alimentaires. .	0^{m} 10
Section correspondante.	$78^{c.q.}$ 54
Course.	0^{m} 34
Volume engendré par coup simple.	$2^{d.c.}$ 67
Diamètre des tourillons de l'arbre.	0^{m} 14
Diamètre des roues propulsives mesuré au bord extérieur des aubes.	3^{m} 29
Largeur des aubes.	1^{m} 45
Hauteur radiale	0^{m} 30
Hauteur totale de l'immersion.	0^{m} 50

Puissance théorique du moteur. — Cet appareil est livré par les constructeurs pour une puissance nominale de 30 chevaux, avec une vitesse de 30 tours par minute, et la pression de la vapeur dans la chaudière étant à 4 atmosphères (ce qui suppose l'emploi de chaudières à corps cylindriques). Mais, par l'examen auquel nous allons nous livrer, il va être facile de reconnaître une fois de plus qu'en marine les mots n'ont pas tout à fait la même signification que dans le langage usuel.

Les ingénieurs de la marine emploient, pour estimer la force brute en chevaux vapeur de 75 kilogrammètres d'un appareil de navigation, la formule suivante :

$$T = \frac{711,7\ D^2\ C\ N\ H.}{75}$$

dans laquelle :

- T représente la puissance totale cherchée pour une machine composée de deux appareils;
- D le diamètre des cylindres, en mètres;
- C la course des pistons, en mètres;
- N le nombre de coups doubles ou de tours du moteur par minute;
- H la pression utile, moyenne, sur les pistons, exprimée en hauteur de colonne de mercure et en mètres.

Dans la machine actuelle, la pression sur les pistons est basée sur 4 atmosphères, diminuée de la contre-pression dans le condenseur que, pour les appareils de navigation, l'on ne doit pas estimer à moins de 1/5 d'atmosphère; il y a également à tenir compte d'une certaine détente fixe par recouvrement, ce qui, en résumé, conduit à estimer cette pression utile et moyenne à environ 3 atmosphères au minimum. Cette pression, exprimée en mètres de mercure, correspond à

$$H = 3 \times 0^{m}76 = 2^{m}28.$$

Introduisant cette pression avec les autres données dans la formule, on trouve :

$$T = \frac{711,7 \times \overline{0,41}^{\,2} \times 0^{m}60 \times 30^{t.} \times 2,28}{75} = 65^{ch.}47.$$

Ainsi, comme il est permis d'espérer que, déduction faite des résistances opposées par les divers accessoires de la machine, l'on obtiendra sur l'arbre des propulseurs un rendement d'au moins 75/100 de l'effet utile sur les pistons, il s'ensuit que la puissance disponible ne doit pas s'élever à moins de

$$65^{ch.}47 \times 0,75 = 49 \text{ chevaux},$$

de 75 kilogrammètres.

Nous sommes donc de beaucoup au-dessus de la force nominale. A la vérité, si l'on réduit le résultat ci-dessus à l'effet rendu par les propulseurs, on s'en rapproche davantage ; mais ce n'était pas ainsi que l'on estimait autrefois la force nominale d'une machine marine, et cette dernière méthode nous paraîtrait parfaitement rationnelle, puisque, après tout, l'effet réel des propulseurs, c'est exactement la résistance du navire pour la vitesse qu'on lui communique.

Dans ces conditions, et en estimant l'effet utile des propulseurs à 65/100 de la puissance qui leur est transmise par l'arbre, on dira que l'ensemble de l'appareil, machine et propulseurs, est d'une puissance nette, immédiatement utilisable, de

$$49 \times 0,65 = 31^{ch.}85.$$

Roues propulsives. — Ces roues sont, comme on le voit, à pales *fixes*, système moins parfait pour l'utilisation que celui à pales articulées, mais plus sûr au point de vue de la solidité, et le seul que l'on puisse employer pour des navires destinés à effectuer des trajets un peu longs sans relâche ; le mécanisme qui produit l'articulation est en effet assez délicat pour laisser craindre des avaries impossibles à réparer hors d'un port.

Il nous reste à examiner, pour compléter les notions relatives au fonctionnement de ces roues, leur vitesse circonférentielle et leur puissance propulsive par leur état d'immersion, ou *la section de la veine fluide qu'elles attaquent.*

On sait que pour juger de l'état de marche d'un propulseur à pales, on compare la vitesse de ces pales au sillage obtenu, et que le résultat, comme utilisation de la puissance par le propulseur, devra être d'autant meilleur, que ces deux vitesses, en eau morte, se rapprocheront de l'égalité. Mais on n'ignore pas non plus que cette égalité ne peut jamais exister, et qu'il est impossible qu'il n'y ait aucun *recul.*

Néanmoins, les constructeurs cherchent à rendre ce recul aussi faible que possible, en réglant d'avance, d'après un rapport convenable, la vitesse de la machine et celle des propulseurs sur le sillage que l'on se propose d'atteindre, et en réglant aussi convenablement l'immersion des pales et leur mode d'action sur l'eau.

On admet ordinairement pour la navigation maritime, c'est-à-dire en eau morte, que la vitesse circonférentielle u des pales, mesurée sur le milieu de leur hauteur radiale, doit se maintenir entre les rapports 1,3 et 1,5 avec celle V du navire, et d'ailleurs aucun point de la surface des pales ne doit posséder de vitesse moindre que V pour qu'il n'y ait pas choc à contre-sens de la marche, ce qui conduit à faire ces pales *étroites* comparativement au rayon de la roue.

Pour répondre à cette base fondamentale, il faut que la section *de la veine attaquée* qui a pour mesure *la largeur d'une pale et la flèche de l'arc*

immergé de la roue, soit aussi grande que possible, en prenant pour point de comparaison *la section immergée du maître couple.*

On désigne ce dernier rapport par *résistance relative,* et en appelant S la partie plongée de la maîtresse-section de la coque et par *s* celle de la veine attaquée par les deux roues, on écrit :

$$\text{Résistance relative} = \frac{S}{s}$$

Donc, pour les meilleures conditions d'établissement, il faut que ce rapport soit *aussi petit que possible.* Pour des navires rapides et de faibles dimensions générales, comme celui auquel la machine actuelle conviendrait, ce rapport descend fréquemment au-dessous de 3, et dans toute circonstance ne dépasse pas beaucoup 5. Nous ne parlons pas des remorqueurs qui sont établis en vue de remplir d'autres conditions.

On a vu précédemment que le diamètre des roues dans l'appareil dont nous nous occupons est de 3m 29 au bord extérieur des pales dont la hauteur radiale est de 0m 30. Le diamètre moyen auquel on rapporte la vitesse circonférentielle égale, d'après cela, 2m 99. Si la vitesse de rotation est de 30 tours par minute, conformément à la base adoptée pour la force nominale de cet appareil, il s'ensuit que la vitesse circonférentielle devient :

$$u = \frac{3.1416 \times 2.99 \times 30^{t}}{60''} = 4^{m}697 \text{ p. } 1''.$$

Comme le sillage du bâtiment ne peut être qu'inférieur à cette vitesse, dans les limites des rapports indiqués ci-dessus de *u* à V, si nous prenons le plus favorable, c'est-à-dire le plus faible, nous trouvons, en résumé, que le navire ne dépasserait pas, avec cette vitesse de la machine et toujours en eau morte, le sillage suivant :

$$V = \frac{4,697}{1,3} = 3^{m}613,$$

soit en nœuds :

$$\frac{3.613 \times 3600}{1851} = 7^{n\cdot}02.$$

Cette vitesse ne serait pas celle des bateaux rapides, mais si la puissance de l'appareil, comparée à la résistance de la coque, le permet, il ne sera pas difficile de l'élever en augmentant la vitesse de rotation des propulseurs.

Nous arrivons à l'examen de la puissance de ces derniers par l'évaluation de la section de la veine fluide qu'ils attaquent.

La hauteur d'immersion des pales, c'est-à-dire la flèche de l'arc d'immersion du cercle qui passe par leurs bords extérieurs est de 0m 50; la largeur de ces pales est de 1m 45. Leur nombre et leur espacement étant

tels que l'on puisse prendre intégralement cette hauteur de $0^m 50$ pour celle de la veine attaquée, la section totale de cette veine égale :

$$1^m45 \times 2 \times 0^m50 = 1^{mq.}45.$$

Ces conditions de propulsion conviendraient donc à un navire dont la maîtresse-section plongée ne dépasserait pas sensiblement

$$1^{mq.}45 \times 3 = 4{,}35 \text{ mètres carrés}$$

pour rester dans les bonnes conditions ordinaires de *résistance relative* dans les petits navires.

Et enfin, comme vérification de ce qui précède, si nous admettons une coque dont le degré de finesse réponde à une résistance moyenne de 8 kilogrammes par mètre carré de section plongée, et à l'unité de vitesse, nous en déduirons que pour le sillage ci-dessus, de $3^m 613$ par 1″, en eau morte, ce navire absorberait, pour sa marche et avec la section plongée ci-dessus :

$$T = \frac{KSV^3}{75} = \frac{8^k \times 4^{mq.}35 \times 47.163}{75} = 21^{ch.}88,$$

soit environ 22 chevaux. Il est donc parfaitement rationnel qu'un tel navire soit pourvu d'un appareil capable de développer directement par les propulseurs une puissance d'au moins 30 chevaux, si l'on veut surmonter le moindre excès de résistance accidentelle ou seulement pouvoir dépasser légèrement la vitesse admise ci-dessus qui, en navigation à la vapeur, peut être regardée plutôt comme inférieure et la puissance absorbée augmentant d'ailleurs comme le cube de la vitesse.

Ainsi, pour passer seulement de cette vitesse de 7 nœuds à celle de 8, qui en mer n'est encore qu'assez ordinaire, il faudrait déjà que de 22 chevaux, les propulseurs, dont la vitesse serait accrue dans ce même rapport, développassent une puissance de

$$22 \times \left(\frac{8}{7}\right)^3 = 32{,}8 \text{ chevaux (1).}$$

RÉSULTATS PRATIQUES.

Il est intéressant de comparer les résultats de l'analyse qui précède avec ceux que la pratique a réellement fournis.

Cette machine a été montée sur un bateau employé à un service de transport et de remorquage pour la Pointe-à-Pitre (Guadeloupe), et ayant les dimensions suivantes :

(1) Tous les éléments nécessaires pour déterminer facilement les différentes conditions d'établissement des appareils de navigation sont exposés dans le IIe volume de notre *Traité des moteurs à vapeur.*

Longueur	22m
Largeur	4m 20
Tirant d'eau (avant)	0m 85
Tirant d'eau (arrière)	1m
Section immergée du maître couple, en moyenne	3mq 50

Dans ces conditions le sillage s'est élevé à 7 1/2 nœuds avec 34 tours de machine. On peut donc en déduire ainsi le rapport de u à V :

La vitesse circonférentielle u des pales égale :

$$u = \frac{3.1416 \times 2^{m}99 \times 34}{60''} = 5^{m}323.$$

Le sillage obtenu répond à :

$$V = \frac{7^{n}.5 \times 1851}{3600''} = 3^{m}856 \text{ p. } 1''.$$

Par conséquent le rapport cherché, qui donne l'indice de l'effet rendu par les propulseurs, égale :

$$\frac{u}{V} = \frac{5,323}{3,856} = 1,38.$$

Les roues propulsives rendent donc l'effet sur lequel on doit compter, puisque nous rappelions ci-dessus que ce rapport doit pouvoir se maintenir, pour une utilisation convenable en eau morte, entre 1,30 et 1,50.

Les constructeurs font observer, il est vrai, qu'avec un navire de formes plus fines (celui-ci n'étant pas construit expressément pour la vitesse), on aurait probablement obtenu un sillage plus rapide. On aurait peut-être atteint, en effet, 8 nœuds, mais sans dépasser de beaucoup cette vitesse, à moins d'accélérer celle de la machine, ce qui devient possible, d'ailleurs, dans l'hypothèse d'une diminution de résistance de la part de la coque.

Il nous reste à examiner les conditions de *résistance relative* entre le navire et les propulseurs.

On a vu que la section de *la veine fluide qu'ils attaquent* est de $1^{mq}.45$, tandis que la partie immergée du maître couple est de $3^{mq}.50$. On en déduit :

$$\frac{S}{s} = \frac{3,50}{1,45} = 2,41.$$

Ce résultat, rapproché des précédents sur le sillage obtenu, confirme ce que nous disions plus haut sur les conditions dans lesquelles doivent être établies des roues propulsives pour un bon rendement.

Disons, en terminant, que cet appareil n'est pas le seul que MM. Faivre

frères aient construit. Indépendamment d'une machine de 10 chevaux, sans condensation montée sur un bateau de plaisance de 25 mètres de long sur 2 mètres 20 de large et 0,55 de tirant d'eau, une première machine de 15 chevaux, semblable à celle que nous publions, a été fournie au même armateur.

On cite encore, parmi les résultats satisfaisants de cette machine de 30 chevaux, le vide du condenseur qui s'est maintenu entre 0,67 et 0,72, c'est-à-dire en moyenne à un douzième d'atmosphère ; mais on sait que la perfection du vide ne dépend pas seulement du bon état de la machine, et que les soins de conduite, joint à une température convenable de l'eau froide disponible, y sont pour une forte part ; d'où il suit, qu'en navigation surtout, ce résultat est très-variable et peut devenir beaucoup moins favorable par des motifs tout à fait indépendants des conditions d'établissement de la machine elle-même.

NOUVEAU RÈGLEMENT

CONCERNANT

L'ÉTABLISSEMENT DES MACHINES ET CHAUDIÈRES A VAPEUR

(Décret impérial du 25 janvier 1865.)

On se rappelle que, suivant les ordonnances royales du 22 mai 1843, concernant les machines et chaudières à vapeur (1), toutes les pièces principales d'un moteur à vapeur étaient réglementées. Non-seulement les chaudières et les tubes dans lesquels se produit la vapeur étaient soumis à des épreuves, pour constater la résistance du métal dont ils se composent, mais encore les cylindres et leurs enveloppes, devaient subir ces épreuves.

Pour le fer, l'acier ou le cuivre, l'épreuve était du triple de la pression à laquelle la vapeur devait fonctionner; pour la fonte, cette épreuve allait jusqu'au quintuple.

De plus, le constructeur était assujetti à des conditions d'épaisseur, quel que soit le choix des matériaux qu'il employait.

Les machines à vapeur, étant rangées parmi les établissements insalubres et incommodes, ne pouvaient être autorisées qu'après une enquête dans laquelle étaient entendus les intéressés. Sur le rapport des ingénieurs qui se rendaient sur les lieux, afin de constater les conditions d'emplacement, l'autorisation était accordée, s'il y avait lieu, par un arrêté du préfet, qui déterminait les mesures de détail auxquelles le permissionnaire était tenu de se conformer.

Quelquefois les arrêtés pris par les préfets étaient attaqués par des tiers devant la juridiction contentieuse. De là des pertes de temps, de la gêne et des préjudices plus ou moins considérables.

Aujourd'hui, la machine à vapeur est tellement entrée dans les habitudes et dans les nécessités de l'industrie qu'on peut, sans inconvénient, pour l'intérêt général, comme l'a déclaré M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics dans son rapport à l'Empereur, « supprimer plusieurs des obligations préventives qui avaient été jusqu'ici imposées aux industriels. »

1) Voir, à ce sujet, le IIIe volume de la *Publication industrielle*.

Aussi, d'après le nouveau décret, on supprime complétement les conditions d'épreuve pour les cylindres et leurs accessoires; on les maintient, il est vrai, pour les générateurs, mais on réduit l'épreuve *au double de la pression effective de la vapeur* dans la chaudière, lorsque alors elle était *triple* de cette pression, c'est-à-dire qu'une chaudière, pour être timbrée à 6 atmosphères, par exemple, devait être primitivement essayée à la pression de

$$(6 - 1) \times 3 = 15 \text{ atmosphères,}$$

tandis que, dorénavant, on ne devra plus lui faire subir à l'essai qu'une pression de

$$(6 - 1) \times 2 = 10 \text{ atmosphères.}$$

Au delà de 6 atmosphères, la charge d'épreuve ne dépassera, dans aucun cas, le double de cette pression, par conséquent pour une chaudière timbrée à 8 atmosphères, la pression d'essai ne sera que de

$$6 + 6 = 12 \text{ kilog. par centim. carrés,}$$

tandis qu'elle eût dû être auparavant

$$7 \times 3 = 21 \text{ atmosphères.}$$

Pour des chaudières fonctionnant à des pressions très-basses, au-dessous de 1 atmosphère, la surcharge d'épreuve n'est que de 1/2 kilog. par centimètre carré.

Quant à la construction même du générateur, à l'épaisseur de ses parois, à la nature et à la qualité des matières employées, elles sont laissées désormais à la disposition du constructeur sous sa propre responsabilité.

Ainsi celui qui emploiera des tôles d'acier ou de bonnes tôles en fer corroyé, pourra adopter des épaisseurs notablement plus faibles que celui qui appliquera des tôles inférieures, et arrivera à faire des chaudières sensiblement plus légères, tout en présentant les mêmes surfaces de chauffe et les mêmes capacités.

En ce qui concerne les machines elles-mêmes, elles seront à l'avenir dispensées de l'autorisation préalable : il suffira d'une simple déclaration faite au préfet du département.

Les nouvelles conditions, imposées d'une manière générale aux propriétaires d'appareils à vapeur, offrent de notables adoucissements sur celles antérieures.

Dans l'ancien régime, les chaudières étaient divisées, au point de vue des dangers qu'elles peuvent présenter pour le voisinage, en plusieurs catégories, lesquelles sont obtenues en multipliant leur capacité totale par le chiffre de la pression de la vapeur dans leur intérieur.

La première catégorie comprenait les chaudières dans lesquelles le produit de la capacité par la tension excédait 15 ;

La seconde, celles où le produit variait entre 7 et 15 ;

La troisième, celles où il variait de 3 à 7 ;

Et la quatrième enfin, celles où il n'excédait pas 3.

Dans le nouveau règlement, les chaudières se divisent en trois catégories seulement, au lieu de quatre. Cette classification est aussi basée sur la capacité du générateur et sur la tension de la vapeur.

On exprime en mètres cubes la capacité de la chaudière avec ses tubes bouilleurs ou réchauffeurs, mais sans y comprendre les surchauffeurs de vapeur; on multiplie ce nombre par le numéro du timbre augmenté d'une unité.

Ainsi le volume d'une chaudière timbrée à 4 atmosphères, étant, par exemple, de 5 mètres cubes, on aurait :

$$(4 + 1) \times 5 = 25.$$

Les chaudières sont de la première catégorie, comme précédemment, quand le produit est plus grand que 15 ;

De la deuxième, si ce même produit surpasse 5 et n'excède pas 15 ;

Et de la troisième, s'il n'excède pas 5.

Si plusieurs chaudières doivent fonctionner ensemble dans un même emplacement, et si elles ont entre elles une communication quelconque, directe ou indirecte, on prend pour former le produit, comme il vient d'être dit, la somme des capacités de ces chaudières.

L'interdiction d'établir une chaudière de première catégorie dans une maison d'habitation, tout étant maintenue, ne subsiste plus cependant pour les ateliers qu'autant qu'ils sont surmontés d'étages ; et on ne considère pas comme un étage au-dessus de l'emplacement de la chaudière, une construction légère dans laquelle ne se fait aucune élaboration exigeant la présence d'employés ou d'ouvriers à poste fixe.

Ces chaudières ne pourront être établies, il est vrai, à moins de 3 mètres de distance d'une maison d'habitation appartenant à des tiers : mais le nouveau règlement ne stipule rien pour la voie publique, et de plus, au delà de 3 mètres, il ne prescrit la construction d'un mur de défense que dans certains cas où la sûreté du voisinage est plus spécialement intéressée.

Au delà de 10 mètres, l'établissement des mêmes chaudières n'est plus assujetti à aucune condition particulière.

Les distances de 3 mètres et de 10 mètres sont réduites respectivement à 1m50 et 5 mètres, lorsque la chaudière est enterrée de façon que sa partie supérieure se trouve à 1 mètre au moins en contre-bas du sol, du côté de la maison voisine.

Les chaudières de seconde catégorie pourront être désormais placées dans l'intérieur de tout atelier, et sans aucune condition de mur de

défense, pourvu que l'atelier ne fasse pas partie d'une maison habitée par d'autres que le manufacturier, sa famille, ses employés, ouvriers ou serviteurs.

Enfin, les chaudières de troisième catégorie peuvent être établies dans un atelier quelconque, même faisant partie d'une maison habitée par des tiers.

Les fourneaux des chaudières de deuxième et de troisième catégorie sont entièrement séparés des maisons d'habitation appartenant à des tiers; l'espace vide est de 1 mètre pour les chaudières de la deuxième catégorie, et de 0m50 seulement pour celles de la troisième.

Les divers appareils de sûreté dont les chaudières doivent être munies ne diffèrent pas, quant à leur nature, de ceux qui ont été appliqués jusqu'ici; mais, tandis que l'ancien règlement en fixait les dimensions, les détails d'exécution et d'emploi de la manière la plus minutieuse, le règlement actuel se borne à indiquer, au moins pour la plupart de ces appareils, les conditions générales auxquelles ils doivent satisfaire, et laisse l'industriel libre de les construire, disposer et employer dorénavant comme il voudra.

La déclaration, adressée au Préfet, pour établir à demeure une chaudière à vapeur, doit contenir les indications nécessaires pour permettre à l'autorité et aux ingénieurs chargés de la surveillance de constater si elle se trouve dans les conditions réglementaires. Ces indications ne se rapportent d'ailleurs qu'à des faits que le propriétaire ne peut pas ignorer, et par suite il lui sera toujours facile de les fournir. Elles comprennent :

1° Le nom et le domicile du vendeur des chaudières, ou leur origine ;

2° Le lieu précis où elles sont établies ;

3° Leur forme, leur capacité et leur surface de chauffe ;

4° Le n° du timbre exprimant, en kilogrammes par centimètre carré, la pression effective maximum sous laquelle elles doivent fonctionner;

5° Enfin, le genre d'industrie et l'usage auxquels elles sont destinées.

L'inconvénient de la fumée est celui qui est le plus incommode aux voisins, et, depuis longtemps déjà, l'administration est dans l'usage de prescrire à tous ceux qui veulent établir des machines à vapeur, de brûler la fumée de leurs foyers. Il existe aujourd'hui divers appareils (1) qui réalisent, au moins d'une manière approximative et à peu de frais, ce grand avantage : l'autorité veut en faire jouir le public d'une manière générale. Il lui a paru équitable toutefois d'accorder un délai de six mois, pour se mettre en règle au sujet d'un appareil fumivore, aux propriétaires de chaudières à vapeur auxquels cette condition n'aurait pas été imposée par leur acte d'autorisation.

(1) Nous avons eu l'occasion de publier plusieurs de ces appareils soit dans notre *Traité sur les moteurs à vapeur* (1er vol.), soit dans le *Génie industriel*.

Il serait à désirer, selon nous, que cette prescription de brûler la fumée fût également exigée pour tous les foyers industriels, dans lesquels on brûle de la houille. On a remarqué, en effet, que les fours de verrerie, de faïencerie, de porcelaine, comme les fours à cuire la brique et autres matières, produisent considérablement de fumée qui lorsque de tels foyers se trouvent dans l'intérieur d'une ville, est au moins aussi nuisible, si ce n'est plus, que celle qui est produite par les fourneaux de chaudières à vapeur.

Les locomobiles, qui sont des moteurs à vapeur facilement transportables, n'exigent aucune construction pour fonctionner sur un point donné, et sont regardées comme n'étant employées que d'une manière temporaire.

Leurs chaudières sont soumises aux mêmes épreuves et munies des mêmes appareils de sûreté que les générateurs établis à demeure; toutefois, elles peuvent n'avoir qu'un seul tube indicateur de niveau.

Aucune locomobile ne peut être employée sur une propriété particulière, à moins de cinq mètres de toute habitation et de tout amas découvert de matières inflammables appartenant à des tiers, sans le consentement formel de ceux-ci.

Les machines locomotives, qui travaillent en même temps qu'elles se déplacent par leur propre force, sont soumises, pour leurs chaudières, aux mêmes conditions que celles des locomobiles.

Toutefois, la circulation de ces machines sur les chemins de fer a lieu dans les conditions déterminées par les règlements d'administration publique.

Un règlement spécial fixera, s'il y a lieu, les conditions relatives à la circulation des locomotives sur les routes autres que les chemins de fer.

Pour les chaudières appliquées sur les bateaux à vapeur, il se pourrait qu'il y ait urgence de modifier en quelques points les règlements actuels; mais à raison de leur destination principale, qui est le transport des personnes, et de la gravité des accidents dont ils peuvent être le théâtre, l'administration supérieure juge nécessaire de les astreindre à des mesures de précautions spéciales.

Comme par le passé, les ingénieurs des mines ou des ponts et chaussées, et leurs agents, sont chargés de la surveillance relative à l'exécution des mesures prescrites par le nouveau décret.

TRAVAIL DU BOIS

SCIES CIRCULAIRES

DE DIVERS SYSTÈMES

POUR DÉBITER ET FAÇONNER LES BOIS

Exécutées par MM. F. ARBEY et Ce, constructeurs à Paris.

(PLANCHE 10.)

En publiant, dans les précédents volumes, les divers systèmes de scieries mécaniques à une ou plusieurs lames, soit à mouvement alternatif, soit à lame sans fin, nous avons bien parlé des scies circulaires, mais jusqu'à présent nous n'en avions donné aucun dessin.

Depuis son invention, que l'on fait remonter au docteur Hooke, en 1665, et qui, en fait, ne fut appliquée qu'en 1825 par M. Brunel (1), la scie circulaire s'est de plus en plus multipliée : on l'emploie, tantôt sur de petites dimensions pour découper l'ivoire, la corne, l'écaille, le caoutchouc durci, etc. (2), tantôt sur de grandes dimensions pour trancher les barres de fer, araser les rails (3), etc.; mais ses plus nombreuses applications sont surtout pour débiter et façonner les bois, parce

(1) M. le général Poncelet, dans son savant rapport sur l'Exposition universelle de 1855, mentionne un brevet pris en septembre 1799, par M. A. C. Albert, mécanicien, pour des *scies sans fin*, composées de plusieurs segments de cercles en acier, dentés, serrés entre d'autres segments circulaires en tôle de fer, montés sur un arbre horizontal muni de rondelles à boulons de serrage, et tournant directement, par une poulie à corde sans fin, au travers de la pièce de bois posée et conduite sur un chariot cheminant automatiquement par un système latéral d'engrenages agissant d'une manière continue sur une crémaillère centrale et inférieure, à peu près comme dans les scieries à action alternative.

(2) Dans le vol. XIII du *Génie industriel*, nous avons donné le dessin d'une machine à scie circulaire pour diviser les peignes ou *rot* en caoutchouc des métiers à tisser.

(3) Dans le vol. XXVIII du même ouvrage, on trouvera le dessin d'un bon modèle de scie circulaire pour trancher les rails, employée aux usines d'Aubin.

qu'elle permet de fabriquer rapidement, avec précision, des tenons, des mortaises, des dents de roues d'engrenage, des roues de voitures, des parquets de luxe, des persiennes, etc.; enfin on s'en sert également avec avantage pour recéper sous l'eau les pilotis.

Ce qui fait préférer, dans bien des cas, la scie circulaire à la scie à mouvement alternatif, c'est la simplicité de sa construction, l'emplacement moins étendu qui lui est nécessaire, et surtout la facilité de sa transmission de mouvement, et, par suite, l'économie de son installation. La scie circulaire proprement dite n'est, en effet, qu'un simple disque en tôle d'acier, dont le diamètre varie depuis quelques centimètres jusqu'à plus d'un mètre, et dont la circonférence est garnie de dents à peu près semblables à celles des lames droites ordinaires. Ce disque est percé d'un trou central qui sert à le monter sur un arbre en fer, auquel on communique un mouvement rapide de rotation, au moyen d'une manivelle et d'un renvoi d'engrenage pour accélérer la vitesse, ou plus simplement, quand on dispose d'un moteur, par une poulie et une courroie de transmission.

D'un autre côté, ce qui limite l'application des scieries circulaires au façonnage des bois de charpente et de menuiserie, et au débit des pièces de petites dimensions, c'est que la lame ne pouvant être tendue mécaniquement comme les lames droites, on est obligé d'en restreindre le rayon, si, pour lui donner la rigidité nécessaire, on ne veut en augmenter l'épaisseur, et, par suite, les résistances et le déchet de la matière; en outre, il faut les renforcer par deux plateaux en fer boulonnés sur leurs faces et calés sur l'arbre de rotation. Il en résulte que la hauteur de bois circulaire, débitée d'un seul trait avec une lame, est limitée à la partie du rayon comprise entre les pointes des dents et la circonférence de ces plateaux; en pratique, cette hauteur doit être plus petite pour que les dents ne tendent pas à relever le bois (1).

Quoi qu'il en soit, en restant dans la limite de 1 mètre de diamètre, l'on possède avec la scie circulaire un excellent outil qui, approprié aux divers usages des bois à œuvrer, rend aujourd'hui des services de premier ordre.

MM. Arbey et C[e], qui ont fait des machines à travailler le bois une spécialité (2), livrent chaque année à l'industrie un grand nombre de ces

(1) Pour éviter cet inconvénient, M. Brunel avait construit, pour couper transversalement les gros corps d'arbre, une machine dans laquelle la lame circulaire, suspendue à un équipage mobile, se déplaçait automatiquement, de manière à parcourir le contour entier de la section à opérer; peu d'années après, un inventeur proposa, et plus tard, M. Boileau, la combinaison de deux lames circulaires superposées dans le même plan, l'une au-dessous et en arrière de l'autre, de telle sorte que la tangente horizontale inférieure de celle-ci passât un peu au-dessous de la tangente horizontale de la première. (*Instruction pratique sur les scieries*, par M. P. Boileau.)

(2) Nous avons publié de ces mêmes constructeurs : dans le vol. XIV, une machine à faire les moulures, une machine à trancher le placage; et dans le vol. XV, une scie à

machines de différents modèles. Ce sont d'abord de petites *scies circulaires à pédale,* qui permettent à l'ouvrier de travailler seul, et qui s'appliquent aux travaux minutieux et précis; le dessus du bâti, désaffleuré par la lame, est mobile dans les deux sens, de manière à pouvoir faire toutes les coupes; le gaînier, le tabletier, le facteur de pianos, etc., l'emploient utilement.

Vient ensuite, comme second modèle, la scie circulaire commandée par manivelle et engrenages, ou par une poulie, et dont *l'arbre est mobile,* c'est-à-dire que cet arbre peut être soulevé ou abaissé, de façon à donner facultativement plus ou moins de saillie à la lame au-dessus de la table, disposition qui permet de faire des feuillures, tenons et rainures de toutes dimensions.

Le décalage des bois se fait à la *scie de travers,* outil très-simple et maintenant très-répandu dans les ateliers et dans les chantiers de vente de bois de chauffage, où on l'utilise à diviser les bûches et rondins en longueur convenable pour leur introduction dans les foyers.

Enfin, il y a encore la scie circulaire à chariot, le grand modèle de ce système, qui permet de débiter les bois en grume de grosseur moyenne pour les convertir en madriers, lesquels on fait passer ensuite aux scies circulaires de grandeurs ordinaires qui les divisent en chevrons, frises de parquets, lames de persiennes, etc.

Nous allons, grâce à l'obligeance de M. Arbey qui nous a autorisé à relever ces machines dans ses ateliers, décrire en détail, d'une part, une belle scie circulaire à chariot, puis celle à arbre mobile dont l'usage est le plus répandu, et de l'autre sa petite scie à inclinaison variable qui permet de faire des coupes de formes très-variées, des assemblages à queue d'hironde et autres.

DESCRIPTION DE LA SCIERIE CIRCULAIRE A CHARIOT

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 5, PL. 10.

La fig. 1 est une élévation longitudinale de cette machine vue du côté du chariot; celui-ci, pouvant avoir une longueur plus ou moins grande, est brisé, et le nombre des supports à rouleau limité à trois, quoique dans l'exécution il doive y en avoir au moins quatre, deux derrière et deux devant.

Les fig. 2 et 3 sont deux sections transversales; l'une passant par l'axe de la scie, suivant la ligne 1-2; l'autre par le mécanisme de transmission du chariot, suivant 3-4.

La fig. 4 représente la machine en plan horizontal, partie vue en des-

lame sans fin, une scie à découper et la machine à corroyer et dresser les bois à lame héliçoïdale de l'invention de M. Mareschal.

sus et partie en dessous des tablettes qui recouvrent le bâti et les supports du chariot.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/20 de l'exécution.

La fig. 5 montre en détail, à une échelle double, la disposition de l'un des guides de la scie.

Le bâti de cette machine est composé de deux flasques verticales en fonte, nervées et à jours, A, boulonnées solidement sur un massif préparé à cet effet, et reliées parallèlement, haut et bas aux extrémités, par quatre forts boulons en fer ou entretoises *a*. Le dessus de ces flasques présente un rebord plat intérieur, sur lequel viennent s'appliquer et se fixer les bords de forme correspondante de la table en fonte B.

Au milieu de leur longueur, les rebords des deux flasques sont un peu moins élevés, et présentent des saillies intérieures un peu plus grandes, afin de recevoir les deux paliers *b* (fig. 2 et 4) de l'arbre principal C, qui, d'un bout, est muni de la lame circulaire S et, de l'autre, des deux poulies P et P′, l'une fixe recevant le mouvement du moteur, l'autre folle pour l'interrompre à volonté.

Pour éviter le porte-à-faux des poulies, une chaise en fonte D est rapportée contre le bâti pour supporter l'extrémité de l'arbre.

L'ajustement de la scie sur celui-ci, du côté opposé qui désaffleure le bâti, est très-simple, mais il exige une grande précision pour que la lame ne fouette pas et qu'elle tourne dans un plan bien vertical ; on a reconnu que pour obtenir ce résultat, on devait donner aux plateaux de renforcement *c* et *c*′, un diamètre d'environ 1/6 de celui de la scie ; ces plateaux sont clavetés sur l'arbre, qui est tourné d'un diamètre un peu plus faible à son extrémité pour former un épaulement suffisant pour le serrage, lequel est produit par l'écrou *d* engagé sur l'extrémité filetée de l'arbre.

Pour maintenir la lame et l'empêcher de se gauchir dans le travail, il est urgent, aussitôt que son diamètre dépasse 20 à 30 centimètres, de la faire passer dans des *guides* fixes. On fait usage à cet effet de prismes le plus ordinairement en bois blanc, maintenus dans des boîtes métalliques placées un peu au-dessous de la surface supérieure de la table, et disposées symétriquement de chaque côté de l'axe de rotation, aux trois quarts environ du rayon, de manière que leurs axes se trouvent sur une même ligne droite perpendiculaire au plan de la lame.

Dans la scierie à chariot dont il s'agit, les guides sont formés de deux vis *e* et *e*′ (fig. 4 et 5), dont les extrémités sont entaillées pour recevoir de petites palettes, non en bois, mais en nerf de bœuf, qui sont maintenues serrées en contact avec les parois de la lame au moyen desdites vis, lesquelles sont engagées d'un côté dans l'épaisseur des bords verticaux de la table, et de l'autre dans la barre méplate en fer E, fixée par ses deux bouts au bord de cette même table.

Si on ne veut débiter en planches avec cette scie que des bois équar-

is de faible dimension, on se sert simplement du guide vertical en bois F, contre lequel on fait glisser à la main la pièce en la poussant au-devant de la lame. Ce guide, à cet effet, se fixe sur la table, à la distance nécessaire, variable à volonté, au moyen de deux équerres en fer et des écrous à oreilles *f*, qui se déplacent dans des rainures pratiquées dans l'épaisseur de la table.

Quand, au contraire, comme cela doit être le cas le plus ordinaire, ce sont des bois en grume ou de forte dimension qu'il s'agit de débiter en madriers, on fait usage du chariot, lequel n'est autre qu'une longue table en fonte dressée G, qui glisse horizontalement sur une double rangée de galets g et g'. Ceux de la rangée extérieure g ont leur périphérie unie pour laisser glisser librement le bord dressé du dessous de la table, mais ceux g', qui se trouvent du côté de la scie, présentent une gorge de forme angulaire pour recevoir la nervure de la table, qui, de ce côté, affecte la même forme saillante, afin qu'ainsi engagé le chariot ne puisse se déplacer latéralement, et que par suite la rectitude de son déplacement longitudinal soit assurée. Ces galets sont supportés par les axes qui sont mobiles dans des paliers fondus avec les supports H.

Pour plus de rigidité, deux de ces supports sont reliés au bâti de la scie par les boulons *h* (fig. 2 et 3); les autres, qui se trouvent de chaque côté en dehors du bâti, ont la forme symétrique de celui H', placé vers le milieu pour supporter l'arbre qui porte le pignon p' et le volant à manette V.

Le pignon est destiné à engrener avec la crémaillère *i* fixée dessous et sur toute la longueur du chariot, et le volant sert, en le faisant tourner à l'aide de sa manette, à le ramener rapidement en arrière lorsqu'il est arrivé à fin de course et que, par conséquent, le trait de scie est achevé.

Le mouvement en avant, qui doit s'effectuer plus lentement et avec une certaine puissance, le bois dans ce cas faisant pression sur les dents de la scie, est produit par le pignon *p* (fig. 3 et 4) qui reçoit la commande de l'arbre I, lequel est supporté par les montants extrêmes du bâti et muni du cône à poulies étagées J, qui reçoit le mouvement du moteur de l'usine au moyen d'une courroie.

A cet effet, sur l'arbre I est calé le pignon *j*, qui engrène avec la roue droite intermédiaire K, laquelle est montée folle sur un prisonnier fixé au bâti et fondu avec un pignon *k* qui commande la roue *l*, cette dernière étant fixée à l'extrémité de l'arbre muni du pignon *p* engrenant avec la crémaillère *i* du chariot.

Suivant l'essence ou la dureté des bois soumis à l'action de la scie, on les fait avancer plus ou moins vite en plaçant la courroie sur l'un ou l'autre des étages du cône, et, pour pouvoir ramener rapidement le chariot au moyen du volant V et du pignon p', on débraye le pignon *p* qui, à cet effet, est monté fou sur son arbre, et a son moyeu muni de griffes

que l'on engage ou dégage à volonté du manchon F', à l'aide du levier à main L.

La forme des dents des lames de scies circulaires doit être à peu près la même que celle des lames droites. Cependant, comme elles sont animées d'une plus grande vitesse, il convient de diminuer un peu l'intervalle entre les pointes lorsqu'elles doivent scier des bois très-durs ou à nœuds, et la voie doit être plus grande pour faciliter le dégagement de la sciure; leur épaisseur varie proportionnellement à leur diamètre, soit de 1 à 2 millimètres, de 0m20 à 0m50 et de 2 à 3 millimètres de 0m50 à 1 mètre.

VITESSE. — La vitesse admise le plus généralement pour les scies circulaires est de 20 à 25 mètres par seconde à la circonférence, et souvent, une fois la machine réglée à cette vitesse, on lui fait débiter des bois indifféremment tendres et durs; il serait préférable pourtant, afin d'éviter l'usure trop rapide de la lame, dont les dents exigent un affûtage répété lorsqu'elles agissent avec une grande rapidité sur les bois très-durs, de pouvoir faire varier la vitesse suivant l'essence des bois en commandant la poulie au moyen d'un cône étagé fixé sur l'arbre de couche; on pourrait ainsi diminuer la vitesse à 15 mètres par seconde pour les bois durs ou très-noueux, et la porter au besoin jusqu'à 30 mètres pour les bois très-tendres. Quant à l'avancement du bois sous l'action de la scie, on admet, pour les bois d'une dureté moyenne, les 3/100 environ de la vitesse des dents.

Dans la scirie à chariot qui vient d'être décrite, dont la lame a 1 mètre de diamètre, la vitesse à communiquer à l'arbre porte-scie devrait varier, dans ce cas, de 285 à 570 tours par minute, soit une moyenne de 427 tours.

Le prix d'une telle machine, chez MM. Arbey et Cie, avec chariot de 6 mètres de longueur, support en fonte, lame de 1m20, est de 3,000 francs: avec lame de 0m900, de 2,500 francs; et chaque mètre de chariot en plus de 6 mètres, de 150 francs.

DESCRIPTION DE LA SCIE A ARBRE MOBILE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 6 A 9 DE LA PL. 10.

La fig. 6 est une élévation extérieure longitudinale de cette machine:

La fig. 7 en est une section transversale faite suivant la ligne 5-6:

La fig. 8 est un plan vu en dessus, la tablette recouvrant le bâti étant enlevée;

Enfin la fig. 9 est un détail du châssis de l'arbre mobile.

Comme pour la scie à chariot, le bâti de cette seconde machine est formé de deux flasques A, allégies par des ouvertures et fixées sur le sol au moyen de boulons traversant des patins ménagés de fonte à cet effet. Ces flasques sont reliées aux deux bouts par les croix de Saint-

André *a* et par la table en fonte dressée B, qui recouvre le mécanisme de l'arbre mobile.

Ce mécanisme est très-simple, il se compose d'un châssis en fonte N, monté à queue d'ironde pour pouvoir glisser bien verticalement à frottement, sur la face dressée de la traverse M, qui est fixée aux côtés latéraux du bâti, vers le milieu de sa longueur. Ce châssis est fondu avec les deux paliers *b*, dont les coussinets reçoivent l'arbre C, qui porte d'un bout la poulie motrice P, et de l'autre la scie circulaire S fixée, comme la précédente, au moyen des deux plateaux *c* et *c'* et de l'écrou *d*.

Pour faire désaffleurer plus ou moins la lame de la table B, il suffit de tourner dans le sens convenable la manivelle *m'*, que l'on engage sur le carré qui termine la vis *m*, laquelle traverse l'écrou *n* (fig. 9) taraudé dans la traverse du châssis N qui porte l'arbre de la scie.

Le bois à œuvrer est présenté à l'action de celle-ci en le faisant glisser contre la règle-guide en bois F, dont on règle l'écartement à volonté en la faisant glisser sur la table, puis en l'arrêtant dans la position déterminée à l'aide de l'écrou à oreilles *f*, dont le boulon traverse une rainure pratiquée dans l'épaisseur de ladite table.

Le plus ordinairement on ajoute à ce modèle de scierie une tablette placée en dehors du bâti, devant la lame, et supporté par un pied droit annexe. Cette tablette est munie d'un guide articulé sur un centre fixe, et munie d'un secteur à coulisse qui permet de l'arrêter suivant tel angle que l'on désire; disposition donnant la faculté de faire des coupes de formes spéciales et déterminées, avec une grande précision, sans tracé préalable sur la pièce à façonner.

La vitesse de rotation à communiquer à l'arbre de la scie, dont la lame a 0^m450, est, en admettant la vitesse moyenne de 20 à 25 mètres par seconde à la circonférence, de 900 à 1000 tours par minute, que l'on peut porter à 1200 pour les bois tendres.

Son prix est de 850 francs, dans les dimensions représentées sur notre dessin; le modèle au-dessous, avec lame de 0,30 à 0,35, est seulement de 700 francs.

DESCRIPTION DE LA SCIE A INCLINAISON VARIABLE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 10, 11 ET 12.

Cette petite machine, vue de face, de côté et en section verticale sur les fig. 10, 11 et 12, permet, tout étant d'une construction simple et occupant un très-petit espace, de façonner de nombreuses pièces différentes et de formes les plus variées, par suite des positions diverses que l'on peut donner à la scie. Elle est destinée à être fixée au bout d'un bâti quelconque R (fig. 11), simplement au moyen de deux boulons à écrou *h*.

Le dessus de ce bâti est muni d'une rainure *h'* (fig. 10), dans laquelle

on engage une règle en fer fixée sous une tablette servant à recevoir la pièce de bois à œuvrer que l'on supporte par un châssis disposé en dehors, parallèlement au bâti.

Comme dans la scie à arbre mobile, l'arbre C qui porte la lame S et la poulie motrice P, est monté dans les paliers du châssis en fonte N, ajusté à queue d'ironde pour pouvoir glisser verticalement, au moyen de la vis *m* qui traverse l'écrou *n*, le long de la pièce M.

Mais cette pièce n'est pas montée à poste fixe, elle est dressée sur sa face antérieure et est munie d'un secteur denté *t'* qui pénètre dans une coulisse *r*, de forme correspondante, ménagée au support principal R', au pied de la machine, qui se boulonne, comme nous l'avons dit, au bout du bâti R.

Avec la crémaillère *t'* engrène le pignon *t*, que l'on peut aisément faire tourner à l'aide du volant à main *v*, de sorte que tout l'ensemble de la plaque M et du châssis N, mobile le long de cette plaque, peut s'incliner en tournant dans la coulisse et être guidé par elle ; ce qui, par suite, permet de donner à la lame telle inclinaison jugée nécessaire pour entailler le bois suivant un angle exact quelconque. Une fois la position déterminée, on arrête la pièce M d'une façon immuable en serrant l'écrou à oreilles *r*.

On voit donc que, malgré son petit volume et son peu de complication, cette scie peut satisfaire à toutes les exigences d'un travail de façonnage d'objets en bois de formes très-variées.

CHEMINS DE FER

LOCOMOTIVE DE GRANDE PUISSANCE

A QUATRE CYLINDRES ET SIX ESSIEUX ACCOUPLÉS

Par M. JULES PETIET,

Ingénieur en chef du matériel au chemin de fer du Nord.

(PLANCHES 11 A 14.)

Nous avons décrit précédemment, dans le XIIIe volume de ce Recueil, une machine locomotive-tender, dite de *forte rampe*, qui a été composée par M. Petiet, dans le but d'effectuer de faibles parcours, en remorquant de fortes charges et sur des rampes d'inclinaisons très-prononcées. A propos de cette machine, dont la structure différait très-sensiblement de celles jusqu'alors en usage, nous nous sommes un peu étendu sur les motifs qui conduisent maintenant les ingénieurs des chemins de fer à construire des machines qui réunissent des propriétés dont la nécessité est de plus en plus vivement sentie au fur et à mesure que l'importance des trafics s'accroît, et que les difficultés de terrain pour l'établissement des lignes se multiplient.

Si, en effet, on a commencé l'application des voies ferrées par les pays d'une configuration topographique relativement simple, on a bientôt désiré traverser de même les contrées montagneuses, problème qui naît assez ordinairement d'un service international à créer, puisqu'il s'agit de franchir le plus souvent ce que l'on est convenu de prendre pour les *limites naturelles* d'une nation, et qui sont, dans bien des cas, des montagnes. Or, le tracé d'un chemin de fer dans les montagnes ne peut se faire sans rampes ni sans courbes de faible rayon, et sans offrir de ces courbes en grand nombre pour amoindrir l'inclinaison des rampes ou éviter les *percées* importantes; et, de toute façon, on ne peut éviter toutes ces difficultés qui se présentent inévitablement à différents degrés.

Nous avons plus d'une fois rappelé, en parlant du matériel des chemins de fer, les conditions désirables pour une locomotive à marchandises, par exemple, qui serait destinée à entrer en service sur une voie à profil accidenté et présentant des courbes de faible rayon : il faut d'abord de la puissance, que l'on ne peut obtenir qu'à l'aide de grandes surfaces de chauffe, lesquelles conduisent à allonger ou à grossir la chaudière : mais, si l'on veut agrandir le diamètre de la chaudière et la largeur du foyer, il faut se placer au-dessus des roues, qui doivent être alors de petit diamètre, afin de ne pas donner trop de hauteur à l'ensemble de la machine ; si l'on étend cette surface en allongeant, au contraire, le corps de la chaudière, on se trouve dans l'obligation d'augmenter dans le même rapport l'entre-axe extrême des essieux, et, s'il s'agit d'une machine dont tous les essieux doivent être connexés, le passage des courbes devient de plus en plus difficile, etc.

Pour les machines à grande vitesse qui exigent également de la puissance, si l'on doit remonter des rampes, il est nécessaire de conserver aux roues motrices un diamètre qui ne peut être réduit au-dessous d'une certaine limite, et leur position n'est pas facile à choisir, en raison du diamètre nécessaire pour la chaudière ; d'ailleurs, si l'on doit réunir à la fois vitesse et grand effort de traction, un seul essieu moteur ne suffit jamais pour transformer une partie importante du poids de la machine en poids moteur ou adhérent, et l'on connexe deux essieux, ce qui conduit au type de machine dit *mixte* : mais la pratique a permis de reconnaître que cet accouplement de deux essieux s'accorde mal avec les grandes vitesses, et, en général, pour les trains rapides ou *express*, on a dû, jusqu'à présent, s'en tenir aux machines à un seul essieu moteur qui ne fournissent alors qu'un effort de traction relativement faible, insuffisant pour remorquer des charges rémunératrices sur des rampes un peu prononcées, etc., etc.

Nous craindrions de nous redire en étendant davantage cette discussion, dans laquelle nous entraîne tout naturellement le sujet que nous voulons traiter dans cet article ; il s'agit en effet des machines locomotives, d'un système très-neuf et très-intéressant, dont la Compagnie du chemin de fer du Nord vient de faire l'application sur son réseau, et dont l'initiative est entièrement due à ses habiles ingénieurs.

Quelques mots suffiront pour faire comprendre le principe nouveau sur lequel ces machines, à voyageurs et à marchandises, sont basées.

Ces locomotives, qui sont d'ailleurs à tender adhérent, ou, pour mieux dire, qui portent elles-mêmes leur approvisionnement d'eau et de charbon, sont pourvues chacune d'un double mécanisme, c'est-à-dire de deux paires de cylindres avec leurs accessoires au complet.

Dans la machine à marchandises, chaque paire de cylindres commande trois essieux connexés, de façon que l'ensemble de la machine repose sur six essieux utilisant son poids total pour l'adhérence, et qu'

ne sont cependant soumis au parallélisme que trois par trois, ce qui fait que, malgré un entre-axe extrême assez considérable, la machine peut se prêter au passage des courbes de faible rayon.

A l'égard de la machine à voyageurs ou à grande vitesse, chaque paire de cylindres commande un essieu moteur indépendant, ce qui permet d'utiliser un poids adhérent au moins double, sans l'inconvénient de l'accouplement; entre les deux essieux moteurs se trouvent trois essieux portants et libres, armés de petites roues.

Enfin, dans les deux types, le générateur et le foyer ont pu acquérir des dimensions jusqu'alors inusitées, et qui en font, en définitive, les machines les plus puissantes que l'on ait jamais mises en circulation sur une voie ferrée.

Nous décrirons particulièrement la machine à marchandises de ce système, en faisant précéder notre travail d'un extrait de la savante Notice, rédigée par M. Petiet, pour la Commission de l'Exposition de Londres, en 1862. Cette notice est l'exposé le plus clair des motifs qui ont servi de base à l'établissement de ces deux types de machines, ainsi que d'un troisième qui figurait à l'Exposition, et qui est, à proprement parler, la première machine, de *forte rampe*, que nous avons publiée, mais avec le générateur transformé et semblable à celui des types à quatre cylindres.

On voudra bien remarquer seulement, afin de ne pas se méprendre sur le sens de cette notice, qu'elle date d'une époque où les machines qu'elle décrit n'étaient pas encore toutes en service, tandis qu'actuellement on peut en voir un assez grand nombre en circulation sur la ligne du Nord.

BASES D'ÉTABLISSEMENT DES NOUVELLES LOCOMOTIVES EN SERVICE SUR LE CHEMIN DE FER DU NORD.

(EXTRAIT DE LA NOTICE DE M. PETIET.)

EXPOSÉ DES MOTIFS. — « Pour remorquer, dans des conditions économiques, un train ordinaire de voyageurs, à *grande vitesse*, ou pour entraîner un lourd train de marchandises, à *petite vitesse*, il faut des locomotives puissantes. Or, ce qui constitue la puissance d'une locomotive, c'est, avant tout, la faculté qu'elle a de produire une grande quantité de vapeur. Il faut donc une chaudière énergique avec un foyer capable de brûler du combustible en quantité suffisante.

C'est là le premier élément, et c'est certainement le plus essentiel.

Le second élément, c'est la force de traction intimement liée à l'adhérence.

Un troisième élément, qui doit être pris en sérieuse considération, surtout lorsque l'inclinaison des pentes sur lesquelles les trains doivent circuler devient considérable, c'est le poids du moteur avec ses approvisionnements.

En résumé, le but théorique vers lequel on doit tendre, c'est d'obtenir une

forte production de vapeur et un grand effort de traction avec un poids de moteur, approvisionnements compris, aussi restreint que possible.

L'examen que nous allons faire, et qui a pour objet la comparaison entre les dispositions en usage et celles des nouvelles locomotives, comprendra deux parties : l'une relative à l'appareil de vaporisation, et l'autre à la *machinerie* et mécanisme.

Dans les deux cas, on fera ressortir les dispositions au moyen desquelles on peut réduire le poids de l'ensemble du moteur.

Appareil de vaporisation. — L'appareil de vaporisation se compose de trois parties distinctes : le foyer, les tubes et la cheminée.

La plupart des foyers ont leur largeur limitée par l'obligation où l'on est de les placer entre les longerons, ou au moins entre les roues lorsque les longerons sont extérieurs. Nos grosses locomotives à marchandises, système Engerth, ont pu avoir un foyer relativement beaucoup plus large, parce que l'écartement du quatrième au cinquième essieu a permis de le placer entre les boudins des roues.

Les nouvelles locomotives ont le foyer placé au-dessus des roues et des longerons; il a donc été possible de lui donner une grande largeur (soit 1^{m}77 et 1^{m}80). En élargissant les foyers, on peut mettre des tubes dans le corps cylindrique en plus grande quantité; on peut de plus obtenir, sans allongement de la chaudière, une plus grande surface de grille, et l'on sait que pour brûler des combustibles de basse qualité il faut augmenter notablement la surface de la grille.

Les grilles de ces locomotives sont toutes du système breveté par M. Belpaire, ingénieur en chef au chemin de fer de l'État de Belgique.

Voici la comparaison des surfaces de grille des diverses locomotives du chemin de fer du Nord.

LOCOMOTIVES A VOYAGEURS.

Système Buddicom.	0^{m}932 × 1^{m}059 = 0^{m}985
Système Crampton.	1, 236 × 1, 056 = 1, 305
Mixte Engerth.	1, 282 × 1, 050 = 1, 340
A 4 cylindres.	1, 475 × 1, 775 = 2, 620

LOCOMOTIVES A MARCHANDISES.

Petites.	3	essieux couplés.	0^{m}949 × 0^{m}934 = 0^{m}880
Moyennes.	3	d°	1, 400 × 1, 020 = 1, 430
Grosses Engerth.	4	d°	1, 440 × 1, 350 = 1, 944
Fortes rampes (nouvelles) . .	4	d°	1, 475 × 1, 775 = 2, 620
4 cylindres.	6	d°	1, 850 × 1, 800 = 3, 330

La surface de grille de la locomotive à voyageurs à 4 cylindres est donc le double de celles des locomotives Engerth mixtes et Crampton.

La surface de grille de la locomotive à marchandises à 4 cylindres est de 70 p. 100 plus grande que celle des grosses Engerth; elle est près de 4 fois aussi grande que celle de nos petites locomotives à marchandises.

Les foyers des nouvelles locomotives, comparés aux surfaces de chauffe, ne présentent évidemment aucune économie de poids, parce que les grilles ont une très-grande étendue, que leurs barreaux sont fort minces, très-rapprochés et par conséquent assez lourds.

Le ciel des foyers est formé par deux parois parallèles réunies par des entretoises, comme dans les parois latérales des foyers des locomotives généralement en usage.

Les locomotives du chemin de fer du Nord ont des tubes dont la longueur varie de 2m74 à 5 mètres; leur diamètre extérieur varie de 0m045 à 0m055.

Dans les nouvelles locomotives nous avons donné la préférence aux tubes de 3m50 de longueur; cela nous a permis, en adoptant un diamètre de 0,040, de réduire l'épaisseur moyenne du métal à 1 1/2 millimètre, et d'obtenir ainsi une économie sensible à la fois sur le poids du moteur et sur le poids de l'eau contenue dans la chaudière, puisque celle-ci est relativement plus courte.

Afin de pouvoir mettre plus de tubes dans le même générateur, nous avons restreint le volume de vapeur disponible, en reportant le réservoir dans un second corps tubulaire, traversé et entouré par la fumée sortant de la chaudière principale. La chaudière porte donc ainsi un sécheur, qui a pour but de permettre de diminuer sans inconvénient le volume réservé à la vapeur, et qui a pour résultat d'enlever à cette vapeur la plus grande partie de l'eau qu'elle entraîne presque toujours avec elle.

La surface de chauffe de ce sécheur, fort simple et fonctionnant d'une manière normale, varie de 12 à 14 mètres carrés.

Voici les dimensions de surface de chauffe des diverses chaudières des locomotives du chemin de fer du Nord :

DÉSIGNATION des DIFFÉRENTES MACHINES.	TUBES.		CORPS CYLINDRIQUE DIAMÈTRE.	SURFACES DE CHAUFFE			
	Diamètre.	Longueur.		au foyer.	aux tubes.	au sécheur.	totale.
Locomotives à voyageurs :							
Système Buddicom, 1 essieu moteur...	0.045	2.740	1.115	5.41	57.17	»	62.58
— Crampton, 1 essieu moteur...	0.050	3.657	1.215	6.31	91.08	»	97.39
— Engerth, 2 essieux couplés..	0.050	4.500	1.271	8.50	117.00	»	125.50
— à 4 cylind., 2 essieux moteurs.	0.040	3.500	1.278	10.06	144.76	12.00	166.82
Locomotives à marchandises :							
Petites.......... 3 essieux couplés...	0.050	3.800	0.950	5.50	68.60	»	74.10
Moyennes........ 3 essieux couplés...	0.050	3.243	1.500	9.07	117.53	»	126.60
Grosse Engerth.. 4 essieux couplés...	0.055	5.000	1.500	10.76	186.23	»	196.99
Fortes rampes... 4 essieux couplés...	0.040	3.500	1.278	10.06	144.76	12.00	166.82
4 cylindres....... 6 essieux couplés...	0.040	3.500	1.430	10.00	189.00	14.35	213.35

En comparant les deux types de machines à 4 cylindres aux machines du système Engerth, on voit de suite combien les chaudières nouvelles sont plus compactes.

Ainsi, avec le même diamètre (1,278 au lieu de 1,271) et une longueur de 3^m50 au lieu de 4^m50, la locomotive à voyageurs à 4 cylindres a une surface de tubes de 145 mètres, tandis que l'Engerth n'a que 117 mètres.

La chaudière de la locomotive à marchandises à 4 cylindres ayant un diamètre de 1^m450 et une longueur de 3^m50, a une surface de tube de 189 mètres, tandis que l'Engerth, malgré son diamètre de 1^m50 et sa longueur de 5 mètres n'a que 186 mètres carrés.

Il est bien évident que, pour la partie cylindrique de la chaudière, les dispositions employées donnent, pour le poids du mètre carré, une réduction très notable que nous préciserons plus loin.

L'élévation de la grille au-dessus des roues, l'emploi du sécheur horizontal ne permettraient qu'une cheminée d'une longueur insuffisante. Nous avons donc été amenés à mettre la cheminée horizontale. Mais il est clair qu'avec un tirage artificiel la direction de la cheminée est insignifiante.

La chaudière entière, comprenant son enveloppe, ses supports, les appareils de sûreté, le régulateur complet, les tuyaux de prise de vapeur et d'introduction aux cylindres, les pompes d'alimentation et leurs accessoires, l'échappement et la cheminée, le sécheur horizontal et la grille, a été pesée ou son poids calculé pour les types que nous examinons. On a tenu compte, en outre, du poids de l'eau et du poids du combustible; en comparant ces poids à la surface de chauffe, on arrive aux résultats indiqués au tableau ci-après :

DÉSIGNATION des DIFFÉRENTES MACHINES.	POIDS.			SURFACE DE CHAUFFE.	POIDS PAR MÈTRE CARRÉ DE CHAUFFE.		
	Chaudière et accessoires.	Eau et combustible.	Ensemble.		Chaudière et accessoires.	Eau et combustible.	Ensemble.
Locomotives à voyageurs :							
Système Buddicom	6300k	2200k	8500k	62m	101k	36k	137k
— Crampton	9100	3500	12600	97	94	36	130
— Engerth	12500	3850	16350	126	99	31	130
— à 4 cylindres	12800	3320	16120	167	77	20	97
Locomotives à marchandises :							
Petites	7950	1900	9350	74	107	27	134
Moyennes	12200	5100	17300	126	97	40	137
Engerth	16500	6300	22800	197	84	27	111
A 4 cylindres	14800	4460	19260	214	68	21	90

La chaudière complète, contenant son eau et ayant le combustible dans le ıyer, ne pèse, pour la locomotive à voyageurs à 4 cylindres, que 97 kilogrammes ı mètre carré de chauffe, tandis que le poids du mètre carré est de 130 kiıgrammes dans les machines Engerth et dans les Crampton. La locomotive à cylindres à marchandises ne pèse que 90 kilogrammes au lieu de 111 kilorammes pour les grosses Engerth, poids déjà très-réduit comparé aux premières ıachines.

Machinerie. — Sous la dénomination de machinerie, nous comprenons le écanisme composé des cylindres, pistons, bielles et roues motrices; le châssis ervant d'intermédiaire entre les roues de support et les roues motrices, et sounant la chaudière; enfin le tender lui-même, y compris les approvisionnements 'eau et le combustible, les agrès, etc. Cette seconde partie de la locomotive ntre pour les deux tiers environ dans le poids total.

Nous examinerons séparément les machines locomotives à voyageurs et celles marchandises.

Locomotives à voyageurs. — Les nécessités d'un service qui est quelquefois ès-chargé sur les lignes fréquentées, et la présence de pentes assez fortes, ont bligé les Compagnies à commander depuis assez longtemps des locomotives à ıyageurs puissantes, et à accepter presque généralement l'accouplement par ielles de deux des essieux. Mais pour les trains *express* devant marcher à des tesses de plus de 60 kilomètres à l'heure, l'accouplement de deux essieux préınte des inconvénients. Il est difficile que le diamètre des 4 roues reste longmps égal : au bout d'un certain temps, une des paires de roues ayant éprouvé ne plus grande usure a un diamètre plus faible, ce qui entraîne à un frotteent supplémentaire fatiguant les bielles d'accouplement. En outre, ces bielles ıant un poids assez grand sont exposées à se rompre à grande vitesse; c'est ınc avec une certaine hésitation que l'on emploie des locomotives à roues cou-ées pour les trains express, et on continue à donner la préférence pour leur ımorquage aux locomotives à roues indépendantes, en mettant une plus grande ıarge sur l'essieu moteur. Mais alors, sans parler des inconvénients que les ies en éprouvent, les bandages s'usent rapidement, et chaque fois que les rconstances atmosphériques ne sont pas favorables, l'adhérence est insuffisante les roues patinent.

Nous éprouvons ces embarras avec nos locomotives à voyageurs : nos Enrth à roues couplées sont excellentes pour les trains de voyageurs à vitesse rdinaire, mais nous ne pouvons les mettre aux trains express dans la crainte rupture des bielles d'accouplement. Nos locomotives Crampton remorquent ès-bien nos trains express; mais sur des rampes de 0,005, et avec des trains peu chargés, elles manquent d'adhérence.

Nous avons donc été amenés à reconnaître qu'il était indispensable d'avoir ıux essieux moteurs pour les trains express, en évitant l'emploi des bielles 'accouplement, et nous exécutons les locomotives à 4 cylindres.

La chaudière de ces locomotives sera en tout semblable à celle de la locootive de fortes rampes. Elle ne peut donc être placée que sur un châssis assez ıs et au-dessus des roues porteuses ayant 1^m065 de diamètre. Les essieux oteurs sont aux extrémités; ils sont montés sur des roues de 1^m60 de diaètre. L'écartement des essieux extrêmes est de 5^m17, il est moindre que celui certaines locomotives dont l'essieu moteur est au milieu; il n'y a donc au-

cune difficulté à prévoir pour le parcours de cette locomotive dans les courbes.

Les roues de petit diamètre pèsent moins, et elles n'exigent qu'un châssis court et par conséquent plus léger.

La force étant répartie entre 4 *cylindres* au lieu de 2, les pistons sont plus petits et plus légers ainsi que les bielles et tout le mécanisme.

En résumé, la locomotive à 4 cylindres, portant un approvisionnement d'eau de 7,000 kilogrammes et 2,000 kilogrammes de combustible, et ayant une surface de chauffe de 167 mètres carrés, ne sera pas sensiblement plus lourde que la locomotive Crampton ayant 97 mètres de surface de chauffe, 7,000 kilogrammes d'eau et 1,500 kilogrammes de combustible, ni plus lourde que la mixte Engerth avec 126 mètres carrés de chauffe, 5,000 kilogrammes d'eau, 1,600 kilogrammes de combustible : elle pèsera 48,200 au lieu de 47,200 kilogrammes.

Voici les dimensions et les calculs que l'on peut faire sur les divers types de locomotives du chemin de fer du Nord pour le transport des voyageurs.

MACHINES A VOYAGEURS.	BUDDICOM.	CRAMPTON.	MIXTE ENGERTH.	A 4 CYLINDRES.
Surface de grille	0.985	1.305	1.340	2.630
Surface de chauffe	62.58	97.39	125.50	166.80
Tension absolue de la vapeur dans la chaudière (1)	7 atm.	8 atm.	8 atm.	9 atm.
Diamètre des cylindres	0.360	0.420	0.420	0.360
Surface des pistons	0.2036	0.2770	0.2770	0.4072
Course des pistons	0.533	0.55	0.56	0.340
Diamètre des roues motrices	1.850	2.10	1.739	1.600
Circonférence des roues motrices	5.81	6.60	5.45	5.026
Pression sous les roues motrices	9.200k	11.000	22.400	21.400 19.000 18.000
Rapport de la vitesse de la roue à la vitesse des pistons	5.45	6 »	4.86	7.39
Traction théorique par atmosphère de pression effective	386k	477	587	569
Traction calculée avec coefficient de 0,60 de la pression effective	1890	2000	2465	2731
Rapport de la traction calculée au poids fournissant l'adhérence	0.151	0.182	0.109	0.130 0.144 0.152
Traction calculée par mètre carré de grille	1411k	1532	1840	1042
— — de chauffe	22k.3	20k.3	19k.6	16k.3
Poids de la machine et du tender avec approvisionnements complets	29.800	46.300	47.200	48.200
Poids de la machine calculé par mètre carré de chauffe	476	486	377	289

(1) La pression effective est toujours, comme on sait, de 1 atmosphère en moins.

Les conditions d'établissement de la locomotive à quatre cylindres qui ressortent du tableau ci-dessus sont satisfaisantes. Ses deux essieux moteurs, sans être surchargés, ont une grande adhérence, et leur force de traction est considérable. La production de vapeur, avec une surface de chauffe aussi développée, alimentera facilement les cylindres, puisque la traction calculée n'est que de 16k par mètre carré de chauffe, tandis qu'elle est de 19 à 22k dans les autres types.

Le poids total du moteur avec approvisionnements complets, comparé à la surface de chauffe, n'est que de 289k, tandis qu'il est de 377 dans les mixtes Engerth et de 480 pour les locomotives Buddicom et Crampton.

Il y a cependant une observation qui se présente naturellement à l'esprit : elle concerne le diamètre des roues motrices. Ce diamètre n'est que de 1m60, tandis que dans les locomotives des trains express on donne en général plus de 2 mètres.

Nous dirons d'abord que l'expérience a démontré que les très-grands diamètres ne sont pas nécessaires. Nous-mêmes, après avoir fait des locomotives système Crampton avec roues de 2m30, nous sommes revenus au diamètre de 2m10 que présentent nos premières locomotives de ce système, et celles-ci vont au moins aussi bien que les autres.

Si l'on examine avec attention cette question, il semble jusqu'à un certain point que la diminution du diamètre des roues motrices ne peut avoir que des avantages si elle est accompagnée d'une diminution encore plus grande dans la course des pistons, si, en un mot, le rapport de la vitesse de la roue à celle du piston est plus grand.

En nous reportant au tableau précédent, nous voyons que, lorsque dans la locomotive à quatre cylindres le piston marche à 1 mètre de vitesse par 1", la circonférence de la roue est animée d'une vitesse de 7m39 ;

Dans la locomotive Crampton cette vitesse est de 6 mètres;

Dans la locomotive Buddicom de 5m45, et enfin, dans les locomotives mixtes Engerth, cette vitesse n'est que de 4m86.

Il en résulte que, pour la même vitesse de marche d'un train, la vitesse du piston sera beaucoup plus faible dans la locomotive à quatre cylindres que dans les autres.

Si nous prenons, par exemple, la vitesse de nos express du Nord qui est de 72 kilomètres à l'heure ou 20 mètres par 1", la vitesse du piston sera respectivement :

	Vitesse.		Rapports.
Dans la machine à quatre cylindres de	2m71	par 1"	1,000
— Crampton.	3m33	—	1,229
— Buddicom.	3m66	—	1,350
— mixte Engerth. . .	4m11	—	1,517

On voit donc que la vitesse des pièces mobiles sera sensiblement moindre. Mais, en outre, le poids de ces pièces est bien plus faible, puisque la tige du piston et la bielle sont plus courtes à cause du peu de longueur de la course.

Les poids des pièces animées d'un mouvement alternatif pour un des cylindres sont :

		Poids.	Rapports.
Pour la locomotive à 4 cylindres.		101k	1,000
—	Crampton.	227	2,247
—	Buddicom.	127	1,257
—	mixte Engerth.	334	3,307

Le travail de la force perturbatrice résultant du mouvement alternatif du piston, de la bielle, etc., est proportionnel au poids de ces pièces et au carré de leur vitesse moyenne. Ce travail s'établit donc dans les proportions ci-dessus :

		Rapports.
Locomotive à 4 cylindres.. . .	1,000 × 1,000 × 1,000	= 1,000
— Crampton..	2,247 × 1,229 × 1,229	= 3,391
— Buddicom.	1,257 × 1,350 × 1,350	= 2,291
— mixte Engerth. . .	3,307 × 1,517 × 1,517	= 7,609

L'influence perturbatrice résultant du mouvement alternatif des pistons et de leur mécanisme est donc bien moindre dans les locomotives à quatre cylindres que dans les autres types de locomotives à voyageurs employés au chemin de fer du Nord.

Mais on ne doit pas se dissimuler que le nombre de tours par 1", pour la même vitesse de marche, sera plus grand, et à 72 kilomètres de vitesse à l'heure par exemple, la locomotive à quatre cylindres devra faire quatre tours par 1" quand la machine Crampton n'en fait que trois. Il doit en résulter une plus grande usure qu'il est difficile d'apprécier.

Supposons cependant que l'on en tienne compte par un coefficient proportionnel au nombre de tours; les rapports ci-dessus deviendraient (1) :

		Rapports.
Locomotive à quatre cylindres.	1,000	= 1,000
— Crampton.. . . .	$3,391 \times \frac{1,60}{2,10}$	= 2,584
— Buddicom.. . . .	$2,292 \times \frac{1,60}{1,85}$	= 1,983
— mixte Engerth.. .	$7,609 \times \frac{1,60}{1,739}$	= 7,000

Il paraît donc certain que la réduction dans le diamètre des roues n'amènera pas un obstacle sérieux à la marche à grande vitesse de cette locomotive.

L'emploi des petites roues est une condition du système aussi bien pour les roues porteuses que pour les roues motrices; il a pour résultat d'obtenir un *poids mort* très-réduit. Avec des fusées à large surface et un bon graissage, on n'a pas à craindre de voir les boîtes chauffer. — Les trois essieux du milieu ont du jeu latéralement, de manière à se déplacer naturellement dans les courbes.

Quant à l'emploi d'un double mécanisme, il ne présente pas de difficultés : les deux distributions de vapeur sont commandées par le même levier de chan-

(1) Admettons même que cette influence doive être représentée par un coefficient égal au carré du nombre de tours, les rapports deviendront respectivement :

1,000 — 1,909 — 1,715 — 6,440.

ement de marche, de façon que les deux groupes de machines marchent non-eulement dans le même sens, mais avec la même détente.

Il y a deux régulateurs distincts pour avoir la faculté de régler à volonté admission de la vapeur dans les cylindres de chaque groupe.

En résumé, les locomotives à quatre cylindres remorqueront à la même itesse et sur les mêmes rampes des trains plus lourds; elles pourront monter ur des rampes plus fortes le même train à une plus grande vitesse.

Locomotives à marchandises. — L'insuffisance d'adhérence que nous avons ignalée dans les locomotives à voyageurs existe au même degré pour les locomotives à marchandises.

Il importe donc pour ces dernières d'utiliser pour l'adhérence le poids total lu moteur et de ses approvisionnements; c'est ce qui est réalisé dans la nouvelle locomotive de fortes rampes, et dans la locomotive à marchandises à quatre cylindres et six essieux accouplés par groupes de trois.

La faible dimension des roues ($1^{m}065$) est motivée par l'obligation d'avoir e foyer au-dessus des roues, de diminuer le poids du moteur et de ne pas exagérer l'écartement des essieux extrêmes.

La locomotive à marchandises à quatre cylindres présente un écartement de ! mètres entre les essieux extrêmes : elle passerait donc avec difficulté dans es petites courbes, si ses essieux extrêmes n'avaient pas beaucoup de jeu dans eurs coussinets; aussi leurs fusées permettent-elles un jeu de 15 millimètres de chaque côté, soit en tout 30 millimètres; ainsi disposée, la locomotive, avec ses leux essieux moteurs écartés de $3^{m}72$, passera facilement dans les courbes l'un rayon de 200 mètres.

Dans le tableau qui suit se trouvent les principales dimensions et les calculs de puissance de traction des divers types de locomotives à marchandises employées sur le chemin de fer du Nord, comparées aux nouvelles locomotives.

Ce tableau fait voir que la locomotive Engerth, comme nous l'avons dit ailleurs, présentait déjà un grand avantage, au point de vue du poids mort, sur nos autres types employés. Le poids du moteur avec ses approvisionnements au complet, qui était par mètre carré de chauffe de 526 kilogrammes dans les petites locomotives, et de 417 kilogrammes dans les moyennes à trois essieux couplés, avait été réduit à 319^{k} dans la grosse Engerth à quatre essieux couplés. Ce poids n'est plus que de 258^{k} dans la nouvelle locomotive de fortes rampes.

Avec un approvisionnement de 6,000 kilogrammes d'eau et 2.000 kilogrammes de combustible, cette locomotive pèse 43,280 kilogrammes selon la répartition ci-dessous :

Essieu d'avant.	10,590 kilogrammes.
Deuxième essieu.	10,755
Troisième essieu.	10,655
Essieu d'arrière.	11,280
Total.	43,280 kilogrammes.

Quand les approvisionnements sont à demi épuisés, la répartition se modifie ainsi :

MACHINES À MARCHANDISES.	PETITES MACHINES. — 3 essieux couplés.	MOYENNES CREUZOT. — 3 essieux couplés.	GROSSES ENGERTH. — 4 essieux couplés.	FORTES RAMPES. — 4 essieux couplés.	A QUATRE CYLINDRES — 6 essieux couplés.
Surface de grille	0.880	1.430	1.914	2.680	3.330
Surface de chauffe	74.10	126.600	196.99	166.82	213.25
Tension absolue de la vapeur (1)	7 atm.	7 atm.	8 atm.	9 atm.	9 atm.
Diamètre des cylindres	0.380	0.460	0.500	0.480	0.480
Surface des pistons	0.2268	0.3324	0.3927	0.3619	0.5[illegible]
Course des pistons	0.610	0 680	0.660	0.480	0 448
Diamètre des roues motrices	1.258	1.425	1.258	1.065	1.065
Circonférence des roues motrices	3.952	4.477	3.952	3.346	3.346
Poids sous les roues motrices	22.900	33.900	40.300	43.000 40.000 37.000	57.600 54.000 48.000
Rapport de la vitesse de la roue à la vitesse des pistons	3.24	3.29	2.99	3.42	3.86
Traction théorique par atmosphère effective	728k	1.083k	1.355k	1.079k	1.50[illegible]k
Traction calculée avec coefficient de 0.65 de la pression effective (2)	2.890k	4.029k	6.165k	5.574k	7.8[illegible]k
Rapport de la traction calculée au poids fournissant l'adhérence	0.123	0.118	0.152	0.130 0.139 0.151	0.13[illegible] 0.14[illegible] 0.16[illegible]
Traction calculée par mètre carré de grille	3.204	2.817	3.171	2.127	2.350
Traction calculée par mètre carré de chauffe	38k	31.8	33.8	34.4	36.6
Poids de la locomotive et du tender avec ses approvisionnements complets	39.000	51.700	62 800	43.000	57.600
Poids de la machine, etc., par mètre carré de chauffe	526k	408	319	258	264

(1) La pression effective étant, comme toujours, de 1 atmosphère en moins.

(2) Ce coefficient n'a rien d'absolu.

Essieu d'avant.	10,320 kilogrammes.
Deuxième essieu.	9,705
Troisième essieu.	9,320
Essieu d'arrière.	9,960
Total.	39,305 kilogrammes.

Les locomotives de fortes rampes sont un peu moins puissantes que nos grosses Engerth, mais elles sont incomparablement plus légères; elles remorquent sur faibles pentes des trains moins lourds que les Engerth, mais sur des

rampes de 18 millimètres par mètre cette différence s'annule. Sur des rampes de 25 millimètres et au-dessus elles remorquent davantage, cela s'explique facilement puisqu'elles pèsent 20,000 kilogrammes de moins.

La locomotive à marchandises à quatre cylindres et à six essieux accouplés par groupe de trois, est la première étape d'une nouvelle augmentation de puissance de locomotive. Notre intention est de faire faire à cette locomotive un service analogue à celui que nous tirons des grosses Engerth. — Les 40 locomotives de cette espèce que nous possédons depuis 1856 nous servent à remorquer les lourds trains composés de wagons chargés chacun de 10 tonnes de houille; elles sont pour nous d'une très-grande utilité, surtout pendant l'hiver, puisque une seule locomotive remorque 115 pour 100 de plus que nos petites locomotives, et 50 pour 100 de plus que nos moyennes. Leur parcours kilométrique, qui a été en moyenne de 25,000 kilomètres pendant l'année 1861, indique bien qu'elles fonctionnent d'une manière satisfaisante, surtout si l'on tient compte de l'obligation de restreindre leur marche pendant sept mois de l'année : le mouvement journalier des charbons, pendant l'été, n'étant guère que la moitié du mouvement en hiver.

La locomotive à quatre cylindres coûtera moins d'acquisition que la grosse Engerth, puisque son poids à vide est moindre de 4,000 kilogrammes.

Néanmoins, sa surface de chauffe aura 214 mètres carrés au lieu de 197 mètres; elle aura l'adhérence de six essieux chargés de 48 à 57 tonnes, au lieu de l'adhérence de quatre essieux pesant 40 tonnes. Elle sera donc sensiblement plus puissante et fera sur nos lignes, avec facilité, un service analogue à celui de nos grosses Engerth.

Mais il est bien évident qu'en augmentant encore la surface de la grille et du foyer en faisant usage d'une chaudière de 1m50 de diamètre, au lieu de 1m45, et de tubes de 4 mètres de longueur, au lieu de 3m50, on pourra avoir une locomotive encore plus puissante, sans dépasser une charge de 10,000 à 11,000 kilogrammes sur chaque essieu.

On arrivera ainsi à une locomotive ayant 250 mètres carrés de surface de chauffe et une puissance de traction effective de 8,400 kilogrammes. — Deux locomotives de ce genre, l'une en tête, l'autre en queue, seraient en état de remorquer un train de 180,000 kilogrammes de poids brut sur des rampes de 50 millimètres par mètre, rampes que l'on sera peut-être amené à accepter si l'on veut surmonter à court délai les grands faîtes de partage.

Résumé. — Les trois types des locomotives exposées émanent du même principe. — Puissante production de vapeur avec emploi de combustible à bas prix; — forte adhérence sans exagérer le poids sous chaque roue; — grande puissance de traction avec des mécanismes relativement légers; — enfin, réduction considérable du poids mort, avec tous les avantages qui en découlent. »

Après cet exposé qui montre si bien le but que M. Petiet s'est proposé d'atteindre avec ces nouvelles locomotives, rien n'est plus aisé que d'en suivre les détails de construction à l'aide de la description suivante et des dessins pl. 11 à 14, qui représentent la machine à marchandises dans tous ses détails, et le mécanisme principal de celle à voyageurs.

DESCRIPTION DE LA MACHINE LOCOMOTIVE A MARCHANDISES A QUATRE CYLINDRES ET A SIX ESSIEUX,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 11, PL. 11 A 14.

ENSEMBLE DE LA DISPOSITION.

Légende des figures. — La fig. 1re, pl. 11, représente cette remarquable machine en élévation extérieure, et à l'échelle de 1/30 qui est la même pour toutes les figures d'ensemble suivantes;

La fig. 2, pl. 12, est une section transversale sur 1 — 2, fig. 1, qui détache de l'ensemble le coffre d'arrière et la paire de cylindres correspondante en laissant en vue extérieure la face du foyer.

La fig. 3 est une section semblable faite suivant la ligne 3 — 4, passant par l'axe du premier essieu du groupe d'avant, et qui montre principalement le corps de la chaudière et le réservoir d'eau en coupe;

La fig. 4 est une troisième section transversale, regardée de l'avant à l'arrière, et mi-partie suivant un plan 5 — 6 passant sur le cylindre, et mi-partie par le plan brisé 7 — 8 — 9 — 10 de l'axe de l'extrême essieu arrière;

Les fig. 5 et 6 sont des sections, à une plus grande échelle, de la boite des régulateurs;

La fig. 7, pl. 13, est une projection horizontale extérieure de la machine, mais avec un côté dégarni de toutes les pièces qui masquent le mécanisme;

La fig. 8, pl. 14, est une coupe longitudinale, montrant particulièrement le générateur et son assemblage avec le châssis.

La fig. 9 est une section transversale, faite suivant la ligne 11 — 12 passant dans le foyer et sur l'axe de l'un des essieux;

La fig. 10 est une seconde section transversale, faite sur l'axe 13 — 14, de l'une des communications du corps de chaudière au sécheur;

La fig. 11, même planche, représente une section horizontale faite sur l'axe des essieux; elle a principalement pour objet de montrer l'application, à cette machine, du mécanisme articulé du système de M. Beugniot;

Enfin, la fig. 12, pl. 13, représente en élévation extérieure le mécanisme de la machine à grande vitesse ou à voyageurs, par lequel cette machine est surtout caractérisée, comparativement à celle à marchandises avec laquelle elle a, quant au reste, la plus grande analogie.

Disposition générale du mécanisme. — Avant d'entreprendre de décrire cette importante machine dans tous ses nombreux détails, et en signalant les particularités intéressantes qu'elle offre à chaque instant,

notre intention est de donner de sa composition un aperçu général, très-succinct, qui serve en quelque sorte de complément à la notice qu'on vient de lire, en rappelant seulement les principes fondamentaux de sa composition.

Conformément à ce principe de construction que nous retrouvons dans un grand nombre de locomotives, le mécanisme principal qui comprend les roues, leurs essieux, les cylindres moteurs et tous les organes de commande, a pour base un châssis formé de deux longerons en forte tôle A, réunis aux deux extrémités par deux traverses en charpente A′, auxquelles sont fixés les tampons de choc; ce châssis est rigidement relié aussi au générateur, tandis que sa relation avec les essieux est opérée à l'aide de ressorts.

Si nous partons de cette base absolument commune à toutes les machines locomotives actuelles, il est aisé de marquer le point précis d'où celle qui nous occupe diffère des autres.

Ordinairement, le mécanisme est composé de deux cylindres à vapeur transmettant le mouvement, pour les machines à marchandises, à trois ou quatre essieux qui sont connexés et tous moteurs; dans la machine de M. Petiet, il existe réellement *deux* mécanismes complétement semblables, nous dirons pour l'instant isolés, comprenant donc deux paires de cylindres B et B′, qui communiquent séparément le mouvement à deux groupes de trois essieux connexés; dans chaque groupe, c'est l'essieu du milieu qui est attaqué par la bielle motrice, et qui porte par conséquent le bouton principal communiquant ensuite avec les deux autres essieux, au moyen de la bielle de connexion.

En dehors de certaines particularités que nous signalons plus loin dans la description détaillée, la composition de chaque mécanisme et la disposition même de toutes ses pièces sont tout à fait identiques à ce que l'on a pu remarquer dans la machine-tender, dite *forte rampe*, qui est décrite dans le XIIIe volume de ce Recueil, auquel nous renvoyons afin d'éviter une répétition inutile.

Faisons remarquer, dès à présent, que cette disposition réalise le but proposé et dont les motifs sont amplement développés dans la notice dont on a lu ci-dessus un extrait, savoir :

Une grande étendue générale de la base permettant d'y adapter un générateur puissant, mais en divisant l'action motrice sur deux groupes d'essieux qui restent indépendants, et peuvent passer dans des courbes qu'ils ne pourraient franchir si, avec leur grand entre-axe extrême, ils étaient tous solidaires et soumis simultanément au parallélisme.

Disposition générale du générateur. — Ainsi que les fig. 8 à 10, pl. 14, montrent plus particulièrement, cette immense chaudière est composée, comme d'ordinaire, d'un corps tubulaire C et d'une boîte à feu D avec un foyer en cuivre rouge, auquel viennent aboutir les tubes; mais il diffère entièrement des dispositions habituelles par un réservoir supé-

rieur E en rapport, par deux tubulures de communication E', avec la chambre de vapeur, et garni d'un certain nombre de tubes c que les produits de la combustion traversent et enveloppent lui-même extérieurement en sortant du corps principal, avant de s'échapper par la cheminée F qui termine ce long circuit des gaz chauds. Ce corps additionnel fait fonction de sécheur pour la vapeur qui le remplit en entourant les tubes, et sur lequel elle est directement prise pour la conduire aux cylindres; c'est là une innovation heureuse et qui promet de sérieux résultats, en considération de la difficulté d'éviter les entraînements d'eau, souvent considérables dans les machines locomotives.

Nous disons plus loin comment on a été amené à donner à la cheminée le développement horizontal actuel, faute de pouvoir l'obtenir verticalement, car tel que se trouve placé son orifice terminal, qui ne peut pas être plus élevé que ne le permettent les ouvrages d'art des lignes à parcourir, il ne l'est pas moins que dans les machines ordinaires.

On voit quelle dimension transversale on a pu donner au foyer en l'élevant au-dessus des roues, dont le diamètre a été limité à cet effet. Le ciel de ce foyer, ainsi que le coffre extérieur, présente une inclinaison qui a pour objet de le maintenir régulièrement immergé et couvert d'une lame d'eau d'égale épaisseur à la descente des rampes qui auraient une aussi forte inclinaison : il est clair qu'en montant, cette pente se trouve en sens contraire, mais comme le niveau général de l'eau s'élève alors vers l'arrière, l'immersion du ciel du foyer ne peut qu'en être augmentée.

Caisse d'approvisionnement d'eau et de combustible. — Nous avons dit que cette machine porte avec elle les approvisionnements dont le poids est utilisé pour l'adhérence et l'effort de traction. Ainsi que dans la première machine de forte rampe décrite dans le XIIIe volume, l'eau d'alimentation est contenue dans une grande caisse en tôle G, qui repose sur le châssis et entoure la demi-circonférence inférieure du corps cylindrique de la chaudière, comme le montre particulièrement la section transversale fig. 3 et 4, pl. 12; cette caisse principale est en rapport avec deux compartiments H, disposés sur l'arrière de la plate-forme du mécanicien et par lesquels s'effectue la charge d'eau. L'intervalle de ces deux coffres est occupé par l'approvisionnement de combustible.

L'alimentation est opérée à l'aide de deux injecteurs Giffard I, montés sur la face du foyer et dans des conditions qui sont expliquées plus loin.

Relation du mécanisme et du générateur. — Dans une semblable machine où le mécanisme moteur est double, son rapport avec le générateur est nécessairement effectué à l'aide d'organes de dispositions particulières et spécialement appropriées à ces nouvelles fonctions.

La vapeur est distribuée aux quatre cylindres au moyen d'une boîte unique J, montée sur le sécheur et renfermant néanmoins deux jeux complets de tiroirs *régulateurs* qui peuvent être manœuvrés séparé-

à l'aide d'une transmission ordinaire, mais double, mise à la portée du mécanicien. De cette boîte, et en relation respective avec chacun des deux régulateurs, partent deux tuyaux K et K', qui se dirigent, en contournant le corps de la chaudière extérieurement, l'un vers l'avant et l'autre vers l'arrière; ils aboutissent là à une tubulure fondue avec la boîte de distribution de l'un des deux cylindres, laquelle tubulure présente une première ouverture horizontale pour s'aboucher avec ce tuyau et une deuxième ouverture ménagée dans une paroi verticale, et à laquelle vient s'ajuster un conduit transversal K^3 (fig. 7) qui communique, par une disposition semblable, avec l'autre cylindre situé sur le flanc opposé de la machine.

Cette disposition permet donc de donner la vapeur sur les deux paires de cylindres, simultanément ou séparément, mais toujours sur les cylindres d'une même paire à la fois.

Par une combinaison concourant au même but, les tubulures d'échappement de chaque paire de cylindres sont réunies par des conduits bifurqués L et L' (fig. 2 et 4, pl. 12, et fig. 11, pl. 14), parcourant en sens inverse la moitié de la longueur du châssis, au-dessus des essieux, et se réunissant entre les deux groupes à un tuyau collecteur L^2, qui s'élève aussi contre l'extérieur de la chaudière et vient pénétrer, par le côté, dans la cheminée, à la sortie des tubes du sécheur.

Par conséquent l'échappement peut fonctionner d'une façon complète et isolément pour chaque groupe, comme la distribution.

Pour compléter cet aperçu des fonctions générales du mécanisme, il ne nous reste à dire que quelques mots du *relevage* ou mouvement du changement de marche.

Cette manœuvre, qui s'exécute simultanément pour les deux groupes, qu'ils soient ou non tous les deux sous vapeur, ne diffère réellement pas des conditions ordinaires, car il a suffi de réunir les deux équerres M et M', appartenant aux mécanismes des coulisses, par une longue barre M^2 (fig. 1 et 7), avec laquelle le levier M^3, dit *de changement de marche*, se trouve articulé. Un mouvement de ce levier fait donc en même temps relever l'une des deux coulisses et abaisser l'autre, ce qui ne nécessite qu'une combinaison convenable des excentriques, par rapport aux deux sens de la marche; par cette disposition, il n'existe point de contre-poids spécial, puisque les deux mécanismes se font eux-mêmes équilibre.

Ce qui précède permettant de juger des combinaisons générales sur lesquelles sont basées les fonctions de la marche, nous allons maintenant revenir sur les mêmes parties pour les examiner en détail.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION.

GÉNÉRATEUR. — Le corps principal du générateur est formé d'un cylindre en tôle, dont le diamètre intérieur est de 1m45 sur 3m50 de longueur, qui est celle des 464 tubes *a* qui le traversent; ces tubes, en laiton, sont retenus avec des viroles dans la paroi de la boîte à feu et sans viroles dans le fond en tôle *b*, qui termine la chaudière du côté de la boîte à fumée. Cette dernière est constituée par un coffre O, en tôle de fer plus mince, et qui se prolonge au-dessus du corps principal de façon à envelopper le sécheur E, et à laisser autour de lui un carneau entre lequel et les tubes *c* du sécheur les produits de la combustion se partagent pour arriver à la cheminée qui vient s'adapter, ainsi que les figures l'indiquent, à l'extrémité de cette enveloppe présentant comme un pavillon évasé O′ (fig. 1).

La boîte à fumée est close, à l'avant, par deux portes *d* et *e*, disposées respectivement vis-à-vis des tubes de la chaudière et du sécheur.

Le coffre D du foyer offre de particulier, dans sa construction, sa paroi supérieure plate et inclinée pour les motifs qui ont été donnés ci-dessus; aussi cette paroi est-elle reliée avec le ciel du foyer, qui possède la même inclinaison, par une véritable forêt de boulons-entretoises *f* (fig. 8 et 9), taraudés dans l'épaisseur même des deux parois et boulonnés suivant la méthode habituelle.

Indépendamment de cela, le foyer, ou le coffre en cuivre rouge qui le constitue, est réuni avec la boîte extérieure par un très-grand nombre de petits boulons analogues et par un cadre en fer *g* placé, comme à l'ordinaire, à la partie inférieure; seulement ce cadre forme immédiatement le seuil de la porte de charge *h* (fig. 2 et 8), dont la position répond au système de la grille, qui est celui de M. Belpaire et que le dessin n'indique pas (1). On voit seulement sur les vues d'ensemble, fig. 1 et 7, la tringle de communication h′ et le contre-poids h^2 du mouvement de bascule de la grille, et, fig. 2, les ouvertures d'air h^3 réservées dans la porte du foyer.

Les grandes dimensions de ce foyer constituent évidemment l'un des points les plus importants qui caractérisent cette nouvelle locomotive. Par sa situation au-dessus des roues, il a pu acquérir un développement transversal tout à fait inusité, et, sans lui donner une plus grande profon-

(1) Ce système de grille, que nous avons décrit dans le numéro d'octobre 1862, t. XXIV du *Génie industriel*, est imaginé en vue de brûler des houilles menues. Le combustible doit être employé en couche très-mince, et les barreaux se trouvant très-serrés, le dégraissage de la grille se fait par le dessus, ce qui explique pourquoi le seuil de la porte est à la même hauteur qu'elle. Cette grille est composée de plusieurs séries de barreaux, dont la dernière, celle opposée à l'entrée du foyer, est montée à bascule de façon à la renverser lorsqu'on veut expulser le machefer.

deur, laquelle ne pourrait être augmentée qu'aux dépens de la longueur du corps cylindrique et des tubes, il a été possible de donner à la grille l'importante surface de 3m.q.33, qui répond à 1m80 de largeur sur 1m85 de longueur. Si nous notons, en passant, que cette puissance de grille se combine avec une surface de chauffe totale de 221 mètres carrés, on pourra déjà se faire une idée assez précise du grand pouvoir vaporisatoire de ce générateur.

Dans cette surface se trouve comprise celle du sécheur E dont nous allons parler maintenant.

On a vu que cet organe nouveau, quant à l'application aux locomotives, est formé d'un cylindre en tôle garni de 19 tubes *en fer c*, débouchant librement dans la boîte à fumée et dans le pavillon de la cheminée; il n'est donc, à l'égard des produits de la combustion, qu'une partie de leur circulation totale, mais cette partie de leur parcours est utilisée pour sécher la vapeur déjà formée, compléter l'évaporation et diminuer, comme nous le disions, les entraînements d'eau souvent si intenses dans les machines locomotives.

Le corps cylindrique E du sécheur est, en effet, relié au corps principal C de la chaudière, par deux tubulures E′ qui débouchent nécessairement au-dessus de la surface libre du liquide, dans la capacité où se trouve confinée la vapeur formée; cette vapeur remplit donc le sécheur, qui devient le réservoir sur lequel se fait la prise, et qui, dans les dispositions ordinaires, est constitué par un corps cylindrique vertical, non surchauffé, mais que l'on élève autant que possible toujours en vue d'atténuer les entraînements d'eau. Ici, indépendamment de la circulation du calorique qui doit vaporiser les molécules d'eau mélangées à la vapeur, on a encore eu la précaution de masquer les tubulures E′ par des espèces d'*écrans* E^2, afin d'arrêter en partie ce que nous pourrions appeler l'*entraînement par projection* ou par les effets de l'*ébullition*.

Pour compléter ce qui concerne le générateur, il nous reste à dire quelques mots de la cheminée et de ses accessoires.

Des recherches, que nous résumons plus loin, ont démontré la nécessité de donner à cette cheminée une étendue de six à huit fois son diamètre, entre le point où jaillit la vapeur d'échappement et son débouché dans l'atmosphère. Ce point est à peu près celui même où la cheminée se raccorde avec le pavillon O′, dans lequel se trouve installée une buse conique L^3 (voir fig. 2), qui forme un tuyau contourné et se raccorde avec celui L^2 réunissant l'échappement des quatre cylindres et s'élèvant à l'extérieur de la chaudière.

En dehors de son assemblage avec le pavillon O′, la cheminée est supportée par une arcade F′ (fig. 1 et 4) fixée sur les coffres H; elle est armée de deux abris F^2 pour garantir les mécaniciens des *crachements* accidentels.

Mécanisme des régulateurs. — La disposition des tiroirs d'admission

ou *régulateurs* (suivant la désignation consacrée), et l'installation de la boîte qui les renferme seront parfaitement comprises à l'aide des figures de détails 5 et 6, pl. 12, qui sont deux coupes transversale et longitudinale de cet important organe de la machine.

Comme le mécanisme moteur lui-même, l'appareil d'admission est double, et consiste principalement en deux tiroirs en bronze *j* et *j'*, renfermés dans la même boîte J, mais respectivement en rapport avec les conduits qui établissent la communication avec les deux paires de cylindres. Ces deux tiroirs sont ajustés sur une table dressée et également percée d'orifices, qui forme la paroi supérieure de deux compartiments ménagés à l'intérieur de la boîte J, lesquels compartiments débouchent extérieurement et présentent deux tubulures qui se raccordent avec lesdits conduits K et K'.

Cette boîte est rectangulaire, ouverte de part en part, mais fermée en dessus par une plaque en fer; elle est boulonnée avec un siége en fonte rivé sur le sécheur, qui présente en ce point une ouverture J^2 à laquelle on n'a réservé que la dimension suffisante pour le débit de la vapeur, laquelle remplit donc la boîte J, mais ne peut s'introduire dans les conduits K et K' que lorsque les orifices des tiroirs sont amenés vis-à-vis de ceux pratiqués dans le siége sur lequel ils glissent.

Le mécanisme de commande de ces tiroirs ne présente rien de nouveau à signaler. Ils sont montés chacun dans un châssis en fer dont la tige, sortant de la boîte J par une garniture, vient s'articuler avec une petite manivelle *k*, clavetée sur un bout d'axe monté sur deux supports fondus avec la boîte J; cet axe porte à l'une de ses extrémités un bras de levier *k'* relié avec une tringle horizontale k^2, dont l'extrémité opposée se rattache enfin à la manette k^3 mise à la portée du mécanicien.

Tout ce mécanisme est donc double et chaque tiroir peut être manœuvré isolément.

Caisse d'approvisionnement et alimentation. — Nous avons déjà fait remarquer que l'approvisionnement d'eau est emmagasiné dans deux caisses en tôle, dont l'une G, du plus grand volume, occupe tout l'espace réservé entre le corps de la chaudière et le châssis des essieux, tandis que l'autre occupe l'arrière, et se compose des deux coffres latéraux H, qui se trouvent en communication directe par le compartiment H' réservé sous la plate-forme.

Mais ces deux parties sont également en communication permanente (ce qui doit être, puisque la charge se fait exclusivement sur les deux coffres de l'arrière), au moyen d'un gros tuyau H^2 disposé sur le côté et sous le tablier de service; il est vu dans les coupes transversales (fig. 2 et 4, pl. 12), et représenté en lignes ponctuées dans le plan d'ensemble (fig. 7, pl. 13).

La réunion des soutes à eau à la machine est d'une extrême impor-

tance, comme nous avons eu plus d'une fois l'occasion de le faire remarquer, puisque c'est un poids *mort* lorsqu'il est placé sur un véhicule séparé, et qui devient, au contraire, *moteur* dans les conditions actuelles ; on appréciera son importance lorsqu'on saura que la caisse G peut contenir 6,000 kilogrammes d'eau, et celle H 2,000, plus 2,500 kilogrammes de combustible, soit un poids de plus de 10 tonnes utilisable pour l'adhérence.

Ce poids est variable, il est vrai, et diminue au fur et à mesure que l'approvisionnement s'épuise; mais on sait qu'une machine à marchandises ne fait jamais de longs parcours sans stations où elle puisse renouveler son approvisionnement, et d'ailleurs son maximum d'adhérence ne devant pas lui être nécessaire pendant toute la durée d'un voyage, on doit seulement s'arranger de façon à ce que sa charge soit complète au moment de franchir les parties difficiles du parcours.

L'eau est prise aux soutes et envoyée dans la chaudière au moyen des deux injecteurs I, montés verticalement sur le devant du foyer, et dont les dimensions sont telles, qu'ils puissent suffire chacun à l'alimentation. Ce n'est point ici le moment d'entrer dans le détail du fonctionnement de cet ingénieux appareil, pour lequel nous renvoyons au 1er volume de notre *Traité des moteurs à vapeur* où il se trouve décrit aussi complétement que possible. Nous signalerons seulement les détails de son agencement sur la machine actuelle.

On sait que l'injecteur doit se trouver en rapport avec le réservoir où il puise et avec le générateur qu'il alimente au moyen de trois tuyaux principaux, l'un qui communique avec la vapeur, l'autre avec le réservoir d'eau froide, et le troisième avec l'eau même que renferme le générateur.

Cette triple communication se voit principalement sur la vue extérieure du bout (fig. 2), et sur la vue de côté (fig. 1). l est le conduit de prise de vapeur, qui s'élève sur le devant du foyer et vient aboutir à une boîte à tubulures l' montée sur le dessus du foyer; l'une des deux boîtes semblables porte aussi le sifflet; l^2 est celui qui communique avec la caisse à eau qu'il atteint vers le milieu de la longueur de la machine, après avoir contourné, en dessus, le coffre du foyer; enfin, le tuyau alimentaire l^3 part de l'extrémité inférieure de l'injecteur, suit le dessous du tablier latéral et s'élève ensuite pour aboutir à une boîte l^4, appliquée à l'extérieur du corps de la chaudière et qui renferme un clapet de retenue.

Mécanisme moteur, chassis, essieux et roues. — Nous avons rappelé plus haut que le mécanisme moteur qui, dans chacun des deux groupes, transmet l'action des pistons à vapeur aux essieux, est tout à fait comparable au mécanisme de la machine forte-rampe du même ingénieur, que nous avons précédemment publiée, et il nous suffit d'y renvoyer, sans faire une inutile répétition. Comme nous nous sommes attaché ici

à montrer les particularités qui concernent la distribution de la vapeur aux quatre cylindres et la connexion du changement de marche dans les deux mécanismes, nous pensons donc que cela est bien suffisant pour l'intelligence complète du fonctionnement de la machine actuelle.

Mais nous devons dire quelques mots de la construction du châssis et de l'établissement des essieux.

Le châssis est formé des deux longerons A, débités dans de la tôle sans soudure, et des deux traverses en bois A′, auxquelles ils se rattachent au moyen d'équerres en fer boulonnées. Ces longerons sont contre-coudés aux extrémités, de façon à limiter le porte-à-faux des cylindres et rester d'ailleurs intérieurs aux boîtes à graisse et à la suspension. Entretoisés par les caisses à eau qui s'y rattachent directement et par des armatures spéciales, ils sont d'une parfaite solidité, suffisante pour qu'il n'ait été nécessaire d'y fixer la chaudière que par quatre pattes réservées à la boîte à feu et deux autres à l'extrémitée opposée (voir fig. 8 et 9, pl. 11).

Les roues sont en fer forgé d'une seule pièce, avec les contre-poids destinés à combattre les perturbations dues aux faux pesants du mécanisme. Avant l'application du système Beugniot, dont nous parlerons tout à l'heure, on facilitait le passage des courbes en réservant aux essieux extrêmes un jeu transversal de 3 centimètres, qui leur permettait de sortir d'autant du plan commun pour se conformer à la courbure de la voie; pour cela, on remarque que les bielles d'accouplement sont formées chacune de deux parties réunies par une articulation dont l'axe est vertical, et qui permet à ces bielles de céder sans flexion au déplacement des essieux.

La suspension est opérée à l'aide d'une excellente méthode usitée depuis quelques années, et qui peut être considérée comme une amélioration importante apportée à la construction des machines locomotives. Les boulons *m* des ressorts, au lieu d'être rattachés indépendamment les uns des autres après le longeron, sont au contraire reliés deux à deux, et entre deux essieux voisins, par un *balancier m′* qui, lui, est centré sur un axe monté sur le longeron; ainsi, en jetant les yeux sur la fig. 1, on voit que les six ressorts d'un même côté se trouvent de cette manière pour ainsi dire tous en relation.

En mariant de cette façon les flexions de deux ressorts voisins par ces balanciers appelés *compensateurs*, on arrive à une plus égale répartition de la charge, surtout en vue des variations qui résultent de la consommation incessante de l'approvisionnement dont le poids, dans toute machine-tender, est utilisé pour l'adhérence; on est ainsi moins exposé à ce que l'un des essieux se trouve momentanément déchargé ou surchargé indépendamment des autres.

Application du mode d'articulation système Beugniot. — Nous avons décrit, dans le IIe volume de notre *Traité des moteurs à vapeur*, une machine locomotive dite de montagne, qui est munie d'un système d'articu-

tions destiné à favoriser le déplacement transversal des essieux dans le assage des courbes très-accentuées, soit jusqu'à moins de 100 mètres e rayon. L'ensemble de cette machine et de son système articulé est e M. Beugniot, ingénieur distingué, de la maison A. Koechlin et Ce.

Ce système consiste, comme nous l'avons expliqué et comme on le erra plus loin, à relier les essieux deux par deux au moyen de balanciers qui marient le déplacement transversal de ces essieux, auquel on a lonné en conséquence une quantité de jeu dans cette direction, jeu qui ne pourrait leur être réservé sans danger s'ils étaient libres comme dans es dispositions habituelles. La machine peut alors passer dans des ourbes auxquelles ce jeu répond ; la première paire de roues engagée ait aussitôt dériver sa conjointe en l'aidant à prendre la position exigée par la courbe, et lorsqu'on revient en voie droite ou moins infléchie, la iaison des essieux par les balanciers les maintient en empêchant que la machine n'éprouve des oscillations qu'elle ne pourrait supporter.

Dans les machines dont nous nous occupons, on a vu que 3 centimètres de jeu ont été réservés aux essieux extrêmes; dans cette condiion, une machine a pu passer sans obstacle apparent dans des courbes le 125 mètres de rayon, ce qui était déjà un résultat important. Mais on eu l'idée d'en faire l'application au service des usines de Chauny et aint-Gobain, sur une ligne qui offre des courbes de plus petit rayon, oit par exemple de 80 mètres; on munit alors l'une de ces machines du ystème d'articulation Beugniot, et l'on en obtint les résultats qui seront mentionnés plus loin.

Le mécanisme composant ce système articulé et appliqué aux nouelles machines du Nord, est particulièrement représenté sur les fig. 8, et 11 de la pl. 14.

La fig. 11 étant un plan spécial du châssis et des essieux montés, on remarque deux balanciers en fer forgé P et P′, disposés au-dessous des ssieux, ayant leur centre fixe d'oscillation placé sur celui même des leux essieux moteurs Q et Q′, et dont la longueur correspond à l'entreaxe des deux autres essieux Q^2 de chaque groupe, le mécanisme étant l'ailleurs le même pour chacun d'eux.

Le point d'appui et d'oscillation de chaque balancier, dont le centre st armé d'une crapaudine hémisphérique (voir fig. 8), est constitué par un pivot *n* de même forme, faisant corps avec une traverse en fer n', qui st elle-même rattachée à des arcs n^2, solidement boulonnés sur les faces ntérieures des longerons A. Les deux extrémités du balancier sont nsuite mises en rapport avec les deux essieux Q^2, à l'aide d'une dispoition qui lie leur mouvement transversal à l'oscillation du balancier, out en laissant la liberté au mouvement de rotation. Cette disposition consiste simplement à armer les deux extrémités du balancier de fourches à tourillons *o*, qui embrassent l'essieu entre deux manchons en bronze o', lesquels n'ont d'autre objet que de former embases, disposi-

tions que l'on pourrait éviter dans une machine construite avec cette application en vue, en réservant simplement des collets aux essieux.

Si l'on note ensuite qu'il n'a été conservé de joues intérieures qu'aux deux essieux moteurs, tandis qu'elles ont été supprimées pour les autres, il va être facile de comprendre comment les choses se passent au moment où la machine entre dans une courbe.

Le premier essieu qui aborde la courbe est évidemment l'un des deux extrêmes, suivant le sens dans lequel la machine se meut; en vertu du jeu qu'il possède, cet essieu se déplace transversalement du côté de l'intérieur de la courbe; mais dans ce mouvement, il fait osciller le balancier puisqu'il est relié avec lui, et par le même motif ce balancier tend à faire exécuter un déplacement en sens contraire à l'essieu opposé qui, alors, se trouve repoussé vers l'extérieur de la courbe. Bientôt le premier essieu du deuxième groupe se trouvant engagé de même, l'ensemble de ce groupe exécute le même déplacement que le premier et, finalement, les six essieux en plein passage en courbe, ont, par rapport à l'axe normal de la machine, la disposition suivante :

Les deux essieux extrêmes sont reportés vers l'intérieur de la courbe;

Les deux essieux du centre sont reportés en sens contraire de la même quantité ;

Les deux essieux moteurs n'ont point été déplacés par rapport à l'axe de la machine, lequel axe se dispose lui-même, conformément à la position occupée à chaque instant par ces deux essieux.

Il est bien entendu que, pour satisfaire à cette variation des essieux, les boutons des bielles d'accouplement ont été faits sphériques.

Dans une telle situation, la machine conserve toujours un empatement fixe par les deux essieux moteurs qui sont considérés comme ne se déplaçant pas dans leurs boîtes, et dont l'entre-axe est de 3m.

Cette base rigide serait néanmoins trop grande pour le passage des courbes de 80 mètres de rayon, et, pour en atténuer les inconvénients, on a dû amincir les boudins des deux paires de roues motrices jusqu'à réserver un jeu qui est d'environ 23 millimètres en voie droite.

Par les résultats d'expériences faites sur cette machine, et que nous citons plus loin, on verra ce qui concerne particulièrement ce système d'articulation. Nous allons auparavant résumer les conditions d'établissement de la machine elle-même, afin d'en faciliter la comparaison avec les effets obtenus pratiquement.

DIMENSIONS ET CONDITIONS DE MARCHE DE LA LOCOMOTIVE A SIX ESSIEUX.

La machine locomotive dont la construction vient d'être décrite est établie dans les conditions suivantes (1) :

Longueur de la grille	1m 850
Largeur —	1m 800
Surface —	3m.q. 33
Diamètre intérieur de la chaudière	1m 45
Longueur des tubes.	3m 500
Diamètre extérieur	0m 040
Épaisseur	0m 0015
Nombre.	464
Section de passage de la fumée dans les tubes.	0m.q. 4988
Surface de chauffe par le foyer.	10m.q.
— par les tubes.	189m.q.
— par le sécheur.	22m.q.
— totale	221m.q.
Tension de la vapeur	9 atm.
Diamètre des pistons moteurs	0m 440
Course id.	0m 440
Diamètre des roues.	1m 065
Contenance de la soute à eau	8000 kilog.
Approvisionnement de combustible	2200 —
Poids de la machine vide	44500 —
Poids total, pleine, en ordre de marche . .	59700 —

Répartition du Poids sur les rails en ordre de marche		
	1er essieu d'avant. .	9200 kilog.
	2me — . .	9200 —
	3me — . .	9200 —
	4me — . .	10700 —
	5me — . .	10700 —
	6me — . .	10700 —

Ces données importantes vont nous permettre d'établir les calculs à l'aide desquels on peut estimer théoriquement le travail de la machine.

La puissance d'une machine locomotive est représentée par la pres-

(1) Quelques-unes de ces conditions diffèrent un peu de celles indiquées dans la Notice, p. 144. Cela vient de ce que cette notice a précédé l'exécution même dans laquelle des modifications ont été apportées aux données du projet.

sion de ses essieux moteurs sur la voie, et qui détermine son *adhérence* à laquelle doivent répondre la dimension de ses cylindres et sa puissance vaporisatoire, pour qu'elle soit capable d'utiliser en effort de traction sa quantité disponible d'adhérence.

On peut résumer ainsi ce que nous appellerons les conditions d'équilibre entre l'adhérence d'une locomotive et la puissance de son appareil moteur.

Les pistons doivent être capables d'un effort maximum suffisant pour faire tourner les roues sur elles-mêmes en surmontant leur frottement sur la voie, la machine supposée arrêtée par un amarrage invincible;

D'autre part, le générateur doit être d'une puissance vaporisatoire telle qu'il puisse suffire à une production de vapeur en rapport avec cet effort et avec la vitesse que la machine est appelée à acquérir;

Enfin, l'ensemble de ces conditions réunies a pour motif l'importance de la charge à entraîner, avec une vitesse déterminée, et l'état de la voie en palier ou en rampe plus ou moins inclinée.

L'expérience a démontré que, pour faire tourner sur elles-mêmes les roues d'un véhicule de chemin de fer, en surmontant le frottement sur les rails, et qui est dû à la charge que ces roues supportent, il faut exercer à leur circonférence un effort qui varie environ du 1/4 à une fraction beaucoup plus faible de la charge, suivant l'état des surfaces frottantes, et, dans l'espèce, suivant que les rails et la roue sont parfaitement secs ou complétement mouillés, ou seulement humides, couverts de givre ou de graisse, etc.

Comme il ne serait aucunement pratique de prendre pour base le meilleur état, mais qu'il ne serait pas plus raisonnable de ne jamais compter que sur le plus mauvais, on admet un terme moyen considéré comme condition la plus ordinaire, lequel est de 1/5 à 1/7 de la charge, d'où l'on conclut en disant :

Que l'adhérence utile d'une machine locomotive doit être comptée pour environ le 1/5 ou le 1/7 de la pression que ses roues motrices transmettent aux rails, c'est-à-dire celles dont le mouvement est relié à celui des pistons moteurs. Nous aurions dû dire, en vue des voies inclinées, la *composante de la charge perpendiculaire à la voie;* car, si la voie cesse d'être horizontale, la pression sur les rails ne peut plus être rigoureusement égale à la charge réelle : mais, même pour les plus fortes rampes, la diminution de pression qui en résulte est encore assez faible pour être négligée.

Si l'on se rend compte maintenant du parti qu'il est possible de tirer de cette *adhérence*, on reconnaît qu'elle équivaut justement à l'effort maximum de traction que la machine est capable d'exercer, c'est-à-dire que si, au lieu de la supposer invariablement amarrée, comme nous l'admettions en commençant, on la rattache à une charge qui n'offre qu'une résistance à l'entraînement inférieure à l'adhérence, au lieu que

es roues tournent sur elles-mêmes, elles tourneront en roulant sur la voie, et la machine avancera *en entraînant la charge.*

Donc l'effort de traction maximum qu'une machine locomotive peut exercer *est égal* (ou mieux, un peu inférieur) *à son adhérence.*

La machine qui nous occupe pèse, comme on l'a vu ci-dessus, 59,700 kilogrammes, y compris son approvisionnement au complet. Comme toutes ses roues sont motrices, son adhérence est proportionnelle à ce poids total, et, si nous admettons, comme exemple, que l'adhérence utilisable en effort de traction soit le 1/7 du poids, nous en déduisons que cet effort peut s'élever à :

$$\frac{59700}{7} = 8528 \text{ kilogrammes.}$$

En se reportant aux divers articles de ce Recueil où nous nous sommes occupé des locomotives, et particulièrement à celui relatif à la machine dite *de fortes rampes,* on reconnaîtra combien est considérable cet effort de traction auquel nous devons maintenant comparer les cylindres.

Les quatre cylindres devant développer un effort capable d'en surmonter un semblable à la circonférence des roues, si nous désignons par :

R, le rayon des roues, en mètres;
r, le rayon des manivelles ou la demi-course des pistons;
d, le diamètre des cylindres, en centimètres;
p, la pression utile de la vapeur par centimètre carré des pistons, en kilogrammes;
T, l'effort de traction, en kilogrammes;

La formule qui établit l'équilibre entre l'effort de traction et le travail utile des quatre cylindres, est la suivante :

$$T = 4\left(\frac{\pi\, d^2\, p}{4}\right) \times \frac{2}{\pi} \times \frac{r}{R} = \frac{2\, d^2\, p\, r}{R.}$$

Tirant de cette relation la valeur de p et introduisant les quantités numériques correspondant au problème actuel, il vient :

$$p = \frac{8528^{k} \times 0^{m}5325}{2 \times (44)^2 \times 0^{m}22} = 5^{k}170.$$

Il suffit donc, en résumé, avec les dimensions des cylindres, que la vapeur exerce une action équivalente à un effort utile et moyen de $5^{k}170$ par centimètre carré de la surface des pistons.

En réalité, la vapeur est admise à une pression beaucoup plus élevée, attendu qu'indépendamment des résistances passives du mécanisme, il faut ajouter à l'effort utile la contre-pression de l'atmosphère, augmen-

tée de la résistance due à l'échappement, compter sur une certaine perte de pression, et qu'il existe d'ailleurs une certaine détente dans les cylindres mêmes.

La chaudière est, en effet, timbrée à neuf atmosphères : mais il n'est que rarement nécessaire néanmoins d'élever la vapeur jusqu'à ce degré de pression.

Sans vouloir nous étendre plus longuement sur cet examen des conditions d'établissement de cette machine, nous rappellerons seulement que son générateur répond aux bases précédentes par une surface de chauffe totale de 221 mètres carrés; nous renvoyons à la notice ci-dessus de M. Petiet, dans laquelle ce savant ingénieur a présenté d'une façon remarquable les déductions à faire du rapprochement des conditions de marche des locomotives des divers systèmes en usage.

Ajoutons cependant quelques mots sur les effets que l'on peut attendre d'une semblable puissance de traction.

On estime que la résistance opposée à la traction par un véhicule à chemin de fer est d'environ 4 à 5 kilogrammes par tonne de son poids et sur une voie de niveau et en alignement droit, car il est établi par expérience que la traction en courbe exige, à cause du frottement des boudins des bandages, un effort supplémentaire qui peut acquérir une valeur élevée, et d'autant plus, que la courbe est d'un plus faible rayon. Il faut admettre aussi que la vitesse d'entraînement ne dépasse pas celle ordinaire des lourds trains de marchandises.

Ce taux de résistance, s'appliquant à des véhicules simples ne comprenant dans leur mécanisme que deux essieux tournant dans leurs boîtes et le frottement de roulement des roues sur la voie, il est évidemment plus élevé pour les machines que l'on ne peut entraîner qu'en surmontant la résistance de tout leur mécanisme, qui se meut en même temps que les roues tournent. Pour cette même limite de vitesse, attribuable aux trains de marchandises, on n'évalue pas à moins de 15 kil. par tonne et sur niveau la résistance d'une machine locomotive.

Maintenant, s'il s'agit d'une voie en rampe, il faut ajouter à ces deux taux moyens de résistance à la traction 1 kil. par chaque millimètre de pente par mètre. Si, par exemple, la rampe est de 5 millim. par mètre, une tonne du train exigera un effort de traction d'environ 10 kil., et la machine 20 kil. par tonne; si elle est de 20 mill. ces deux efforts deviendront 25 et 35, etc.

Si donc nous supposons que la machine représentée remorque un train sur niveau, et que l'on veuille connaître approximativement quel en peut être le poids, il faudra d'abord déduire de l'effort total de traction, estimé d'après l'adhérence, la partie de cet effort absorbée par la machine pour se remorquer elle-même.

D'après ce qui précède, cette machine pesant, en nombre rond, 60,000 kil. ou 60 tonnes, et prenant aussi, en nombre rond, 8,000 k.

pour l'effort total de traction, il restera, comme traction disponible, pour le train :

$$8000 - (60^t \times 15^k) = 7100 \text{ kilogrammes.}$$

Divisant cet effort par 5, il vient :

$$\frac{7100}{5} = 1420,$$

c'est-à-dire l'énorme charge de 1420 tonnes que cette machine pourrait remorquer *sur palier* ou sur un plan horizontal. Il est vrai de dire que l'on se garderait bien de la charger ainsi, attendu que les parties en palier se succèdent avec des rampes et les alignements droits avec les courbes, que l'état de la voie peut se modifier d'un endroit et d'un moment à l'autre, et enfin que cet effort de traction correspond à l'adhérence entière, y compris le poids de l'approvisionnement complet qui s'épuise dès le moment que la machine fonctionne.

Voyons, en effet, ce qui va se passer, par exemple, sur une rampe de 5 millimètres par mètre.

L'effort de traction disponible est d'abord réduit à :

$$8000 - (60 \times 20) = 6800 \text{ kilogrammes.}$$

Divisant alors cet effort par 10, il vient 680 tonnes pour le poids du train, c'est-à-dire moins que la moitié du poids à remorquer sur niveau.

Et si nous allons jusqu'à une rampe de 20 millimètre par mètre, on verra que la charge à traîner diminue dans une bien plus grande proportion.

Effort de traction disponible :

$$8000 - (60 + 35) = 5900 \text{ kilogrammes.}$$

Poids du train à remorquer :

$$\frac{5900}{25} = 236 \text{ tonnes.}$$

Cette diminution de la charge à remorquer, au fur et à mesure que l'inclinaison de la voie augmente, est, d'ailleurs, un fait naturel et qui s'explique de lui-même. Il est important de faire remarquer que, par la même raison, c'est aussi dans cette circonstance que le moteur, par sa grande pesanteur, absorbe pour lui-même une grande partie de la puissance de traction, puissance qui ne peut être obtenue que par une adhérence suffisante, laquelle ne peut elle-même résulter que d'un grand poids; mais il est alors rationnel de s'arranger de façon que ce poids soit au moins utilisé tout entier pour cette adhérence, et ne pas avoir à faire gravir la rampe à un poids *mort*, ce qui justifie

l'emploi, pour la traction sur rampe, de machines sans tender séparé.

C'était bien, du reste, ce que l'on s'était proposé avec les machines Engerth; on a pu voir, par la notice qui précède, les avantages que présente la machine à 4 cylindres qui ne conserve aucun poids mort et qui, avec un poids total inférieur, possède cependant une surface de chauffe plus étendue et un poids adhérent plus considérable.

Au reste, pour rendre très-sensible l'influence des rampes au moyen d'une comparaison qui fournit des termes immédiatement appréciables, il suffit de rechercher pour chaque rampe combien de fois le moteur peut entraîner son propre poids en charge utile.

Ainsi, dans le premier exemple cité, la machine pesant 60 tonnes et pouvant en remorquer 1420, on a pour ce rapport :

$$\frac{1420}{60} = 23,7.$$

Dans le second cas, pour la rampe de 5 millimètres, on aurait :

$$\frac{680}{60} = 11,3.$$

Et dans le troisième, pour la rampe de 20 millimètres, on trouve :

$$\frac{236}{60} = 3,9.$$

On voit combien le rapport décroît rapidement et qu'il vient un degré d'inclinaison où la machine ne pourrait plus que se remorquer elle-même. Ce serait environ à la pente de 118 à 120 mill. par mètre, pente d'ailleurs inusitée, mais bien avant laquelle la machine ne rendrait plus qu'un insignifiant service.

Il peut être intéressant de faire ici une comparaison, qui n'est pas dans les usages de l'industrie des chemins de fer, mais que nous pensons pouvoir nous permettre : c'est d'estimer la puissance de cette machine en *chevaux-vapeur*.

En admettant qu'elle soutienne un effort de traction de 8000 kilogrammes en remorquant un train à la vitesse de 25 kilomètres à l'heure, on trouve le résultat suivant :

Vitesse par 1″ du point d'application de l'effort :

$$\frac{25000^{m}}{3600''} = 6^{m}944.$$

Par suite, la puissance effective en chevaux-vapeur, de 75 kilogrammes, est :

$$\frac{8000^{k} \times 6^{m}944}{75} = 740.$$

Comparons maintenant, comme simple vérification, ce résultat au travail élémentaire de la vapeur sur les pistons en admettant une pression fixe et moyenne de 5 kilogr. par centimètre carré, déduction faite de la contre-pression.

A cette vitesse de $6^m 944$, le diamètre des roues étant de $1^m 065$, leur vitesse par minute est de :

$$\frac{6^m 944 \times 60}{1^m 065 \times 3{,}1416} = 124{,}5 \text{ révolutions.}$$

Les pistons donneront donc 249 pulsations simples par minute ; leur course étant de $0^m 44$, leur vitesse moyenne égale :

$$\frac{0^m 44 \times 249}{60} = 1^m 826 \text{ par } 1''.$$

La pression totale qu'ils supportent chacun, évaluée d'après la donnée ci-dessus, égale :

$$\frac{3.1416 \times (44^c)^2}{4} \times 5^k = 7{,}602 \text{ kil.}$$

Enfin nous trouvons pour le travail des quatre cylindres :

$$\frac{4 \times 7{,}602^k \times 1^m 826}{75} = 740 \text{ chevaux.}$$

Nous allons maintenant faire connaître les résultats d'expériences dont les machines à 4 cylindres ont été l'objet, et dans lesquelles on trouvera des points de comparaison satisfaisants avec les hypothèses précédentes.

RÉSULTATS D'EXPÉRIENCES SUR LES LOCOMOTIVES A SIX ESSIEUX ACCOUPLÉS.

Nous avons à rendre compte de deux séries d'expériences faites sur ces machines, et pour lesquelles on a choisi la ligne ferrée qui réunit Chauny à Saint-Gobain, en raison de la configuration même de cette voie, qui présente précisément des difficultés qu'il était intéressant de voir surmonter avec de telles machines.

La première série d'expériences est relative à la machine à essieux libres, et la seconde avec l'application du système d'articulation de M. Beugniot.

Nous empruntons les documents qui suivent aux comptes rendus rédigés par l'ingénieur en chef M. Petiet, à l'obligeance de qui nous en devons la communication.

EXPÉRIENCE DU 2 OCTOBRE 1863. — **M. Piarron de Mondésir**, ingénieur des ponts et chaussées, directeur de la Compagnie des chemins de fer de la ligne d'Italie, par la vallée du Rhône et du Simplon, a présenté au gouvernement français une étude complète pour l'exécution d'un chemin de fer qui traverserait les Alpes au Simplon. Le tracé comporte des rampes de 40 millimètres par mètre et des courbes de 200 mètres de rayon. La traction doit y être opérée avec des locomotives à 4 cylindres et à 6 essieux accouplés semblables aux 10 locomotives de cette espèce qui sont en service sur le chemin de fer du Nord.

M. de Mondésir a demandé qu'une expérience fût faite sur une de ces locomotives en présence de la Commission des inspecteurs généraux, nommée par le ministre des travaux publics pour examiner sa proposition. — Le but principal de l'expérience devait être de voir comment ces locomotives se comportent dans des courbes d'un faible rayon.

Les ingénieurs de la Compagnie du Nord se sont adressés à M. Biver, directeur général des manufactures de la Compagnie des glaces de Saint-Gobain, afin que cette expérience fût faite sur le chemin de fer de Chauny à Saint-Gobain qui appartient à cette Compagnie.

Le chemin de fer de Chauny et de Saint-Gobain a une longueur de 14,500 mètres; il a d'abord des pentes et rampes ne dépassant pas 13 millimètres avec courbes de 275 mètres de rayon au minimum. Il se termine vers Saint-Gobain par une rampe de 3,810 mètres de longueur se décomposant ainsi :

Rampe de 0,018 sur 2,140 mètres.				3,810 mètres.	
Rampe de 0,0113 — 300					
Rampe de 0,018 — 1,370					
3 courbes de 275 mètres de rayon, sur un développement total de 1,045 mètres.					2,505 mètres.
1 d°	300	id.	220		
2 d°	350	id.	730		
3 d°	400	id.	510		
9 droites					1,305
		Total égal			3,810 mètres.

La gare de Saint-Gobain est formée d'une courbe et d'une contre-courbe de 125 mètres de rayon sur un développement de 200 mètres. La voie se prolonge dans la manufacture des glaces où elle décrit un demi-cercle complet dont le rayon est de 80 mètres avec rampe de 0,025 par mètre.

Le train était composé de 18 wagons, dont 15 chargés de 10,100 kilos de houille pour le commerce et 3 fourgons spéciaux à frein pour les conducteurs de trains de marchandises. Ces fourgons, dont le plancher est en fonte, pèsent vides 12,000 kilos. La tare de chaque wagon a été relevée, le poids total remarqué a été de 250,200 kilos, dont 151,500 kilos de charbon.

La locomotive, avec ses approvisionnements au complet, a démarré facilement et a parcouru les onze premiers kilomètres à une vitesse variant de 21 à 27 kilomètres à l'heure.

Du poteau kilométrique n° 11 au n° 14,3, l'heure de passage à chaque hectomètre a été constatée, afin d'apprécier la vitesse sur cette portion de chemin

qui est sur presque tout le parcours en rampe de 0,018. La vitesse a varié de 14 à 20 kilomètres à l'heure; la vitesse moyenne sur les 3,400 mètres a été de 17,300 mètres à l'heure. Il est bon de faire observer que cette vitesse a été en s'accélérant au fur et à mesure que l'on se rapprochait du sommet de la rampe; ce qui prouve que la locomotive remorquait aisément la charge de 250 tonnes. Elle circulait avec facilité dans les courbes, et elle a passé sans embarras dans les courbes de 125 mètres de la gare de Saint-Gobain.

La locomotive, après avoir été aiguillée, s'est mise en queue du train de dix-huit wagons qu'elle a démarré et descendu de quelques centaines de mètres sur la rampe de 0,018 par mètre; elle a refoulé ensuite son train, en le poussant sur la rampe, machine en queue, et l'a ramené en gare de Saint-Gobain sans difficulté. Cette seconde expérience a montré qu'elle était en état d'opérer la traction sur rampe de 0,018 d'un train pesant brut 250 tonnes, aussi bien en le poussant qu'en le tirant.

Chaque atmosphère sur les pistons représente sur les roues un effort de traction théorique de 1,652 kilogrammes. A la pression effective de 8 atmosphères, la traction maximum sur les roues serait donc de 13,200 kilogrammes. Mais la puissance de la vapeur ne se transmet pas intégralement, et il y a lieu de mettre un coefficient qui, dans la pratique, varie de 0,50 à 0,75. Ce coefficient doit tenir compte des pertes de tension résultant du passage de la vapeur jusqu'aux pistons, de la contre-pression dans le tuyau d'échappement pour produire le tirage énergique dans la cheminée, des pertes de force résultant du refroidissement de la vapeur et de la présence de l'eau qu'elle tient en suspension, des frottements du mécanisme, et de la force nécessaire pour faire mouvoir la distribution; il faut également signaler la détente de la vapeur qui, en donnant une économie, réduit cependant la puissance de traction. Enfin, la tension de la vapeur dans la chaudière ne peut pas toujours être maintenue au maximum; la locomotive doit être en état de remorquer son train avec une tension plus faible que celle à laquelle la vapeur s'échappe par les soupapes.

Sur une rampe de 0,018, l'influence de la gravité comporte déjà un effort de 18 kilogrammes par tonne remorquée, y compris le poids de la locomotive. Le frottement, qui, en ligne droite et avec un bon graissage, est de 4 kilogrammes environ par tonne, doit s'estimer ici, à cause des courbes, à 6 kilogrammes, soit en tout 24 kilogrammes par tonne.

L'effort de traction dans l'expérience qui nous occupe était donc :

Pour le train.	250 t. × 24 k. =	6,000 k.
Pour la locomotive.	60 t. × 24 k. =	1,440 k.
	Total.	7,440 k.

c'est-à-dire 0,555 de l'effort maximum théorique que nous avons indiqué tout à l'heure être de 13,200 kilogrammes.

Cet effort de 7,440 kilogrammes est le 1/8 du poids du moteur (59,700 kilogrammes avec son approvisionnement complet); il est les 2/15 du poids de 56 tonnes de la locomotive ayant déjà marché.

Les conditions d'adhérence étant comprises entre 1/7 et 1/8 sont très-bonnes; aussi la locomotive n'a-t-elle pas patiné.

Il est évident, d'après ces calculs, que cette locomotive serait en état de re-

morquer une charge plus grande que celle qui lui a été donnée, mais il a paru convenable de rester dans une prudente limite.

L'expérience, au reste, n'avait pas pour but de constater le maximum de la puissance de la locomotive, mais de voir comment, avec une charge raisonnable, elle se comportait dans des courbes d'un petit rayon.

La locomotive à six essieux couplés n'a point circulé dans la courbe de 80 mètres de rayon. Le service dans cette courbe et dans les courbes analogues qui existent dans l'usine de Chauny appartenant à la même Compagnie, est fait par la Compagnie du Nord avec des locomotives de fortes rampes, montées sur quatre essieux couplés, dont l'écartement est de 3 mètres 80 pour les essieux extrêmes. Ce service se fait tous les jours sans inconvénient.

Il est très-probable que si on avait quelque intérêt à faire circuler les locomotives à six essieux couplés dans des courbes d'un aussi faible rayon, on y parviendrait en augmentant le jeu déjà existant aux deux essieux extrêmes et en donnant du jeu aux deux essieux du milieu.

Expérience du 21 janvier 1864. — Emploi du système Beugniot. — A la suite des expériences dont il vient d'être rendu compte, on voulut savoir si, moyennant certaines modifications *ad hoc*, cette machine ne pourrait pas circuler dans les courbes de 80 mètres de rayon qui existent dans les établissements de Saint-Gobain et de Chauny. MM. les administrateurs du chemin de fer du Nord ont décidé, sur la proposition de M. Petiet, que le système breveté de M. Beugniot serait appliqué à l'une de ces locomotives. Les modifications suivantes ont été faites dans les ateliers de MM. André Kœchlin et Cie, de Mulhouse : les boudins des bandages des deux essieux moteurs ont été réduits d'épaisseur ; le jeu des quatre autres essieux a été porté de 30 à 46 mill. ; ils ont été réunis deux à deux par un balancier horizontal qui oblige l'un des essieux à se déplacer à droite quand son conjoint se déplace à gauche, et réciproquement. (Voir ci-dessus la description détaillée de cette modification.)

Grâce à cette disposition, ajoute M. Petiet, les boudins des six paires de roues se déplacent de manière à suivre les rails dans les courbes.

La locomotive, ainsi modifiée, a fait, pendant huit jours, tout le service de la ligne de Chauny à Saint-Gobain, et elle a circulé dans la courbe de 80 mètres sans plus de difficultés que les locomotives de fortes rampes à 4 essieux couplés qui sont affectées à cette exploitation.

C'est là un résultat fort important, lorsqu'on voit qu'il s'agit d'une locomotive des plus puissantes fonctionnant normalement, et sans qu'il soit nécessaire de recourir à la complication résultant de l'articulation du châssis.

Voici maintenant les détails de l'expérience faite le 21 janvier 1864 sur une locomotive ainsi modifiée, et en présence d'un grand nombre d'ingénieurs et de savants :

Le train était composé de 24 véhicules, savoir :

3 fourgons à frein à plancher de fonte pesant ensemble.	36,000 k.
4 wagons à frein à contre-poids chargés chacun de 10 t. de houille.	59,260
0 wagons chargés chacun de 10 tonnes de houille.	139,930
4 voitures de voyageurs de 1re classe avec chaufferettes.	24,690
Environ 100 voyageurs.	7,120
24 véhicules pesant ensemble.	267,000 k.

Le poids total du train n'avait été, dans la première expérience, que de 250 tonnes.

Afin de bien constater la vitesse de marche du train sur la rampe de 0,018 par mètre, l'heure de passage du train à chaque hectomètre a été relevée par un observateur placé dans le dernier wagon, c'est-à-dire à 100 mètres environ en arrière de la locomotive.

Ces heures de passage et les vitesses qui en sont les conséquences, ont été indiquées dans un tableau détaillé. Un ralentissement considérable a eu lieu du poteau 11k9 au poteau 12k7; mais il ne peut être attribué au manque de pression, puisque la vapeur s'échappait par les soupapes, mais bien au manque d'adhérence, les roues de la locomotive ayant patiné violemment sur cette partie du parcours. Il est possible que les attelages des wagons à voyageurs aient été un peu trop serrés.

1,200 mètres	ont été parcourus en	218"	vitesse moyenne	20	kilom.	à l'heure.
800	id.	347"	id.	8	id.	
500	id.	91"	id.	20	id.	
1,100	id.	231"	id.	17	id.	
3,600 mètres	id.	887"	vitesse moyenne	14 k. 600 mèt.		

La vitesse moyenne de marche sur l'ensemble de la rampe a été un peu moindre que 15 kilomètres à l'heure, mais si l'on défalque la période dans laquelle la machine a manqué d'adhérence, on voit qu'elle a repris sa vitesse et a marché en moyenne entre 17 et 20 kilomètres à l'heure, ce qui est la vitesse normale à la remonte des fortes inclinaisons pour des trains de marchandises.

On se rappellera d'ailleurs que l'expérience n'avait pas pour but de constater l'adhérence de la locomotive, mais de voir seulement comment elle se comporte dans les courbes. L'adhérence de ces locomotives, comme celles de toutes les autres, dépend du poids sur les roues et de l'état plus ou moins humide de la surface des rails.

La locomotive 605, après avoir amené son train dans la gare de Saint-Gobain, a été se placer en queue d'un petit train de wagons de marchandises qu'elle a poussé dans l'usine de Saint-Gobain où la voie est en courbe de 80 mètres et en rampe de 0,025 par mètre. Elle a parcouru ainsi tout le demi-cercle que forme cette courbe. Arrivée à l'extrémité supérieure, on a serré les freins des wagons, et on a fait patiner sur place les 6 essieux de la locomotive. Elle a fait plusieurs manœuvres en avant et en arrière, sans qu'il en résultât aucun indice de fatigue exagérée.

Il n'a pas été possible de constater d'une manière suffisamment exacte la position de chaque boudin par rapport aux rails. Mais en marche le boudin de

la roue d'avant appuyait contre le rail extérieur et le boudin de la roue d'arrière se rapprochait beaucoup du rail intérieur de la courbe.

En tendant un fil entre les faces latérales extérieures des bandages du 1er et du 6e essieu, on a constaté que les essieux nos 2 et 5 étaient sortis de 0,019, et les deux essieux du milieu nos 3 et 4 de 0,040. Les boudins des roues formaient donc une courbe dont la flèche était de 0,040 sur une corde de 6 mètres de longueur. Or, pour cette même corde de 6 mètres, la flèche d'une courbe de 80 mètres de rayon est exactement de 0,056. Les essieux se plaçaient donc naturellement par l'influence du balancier, du système de M. Beugniot, dans une courbe dont le rayon était un peu plus grand que celui de la courbe des rails.

En terminant ce que nous avions à dire sur ces nouvelles machines à marchandises, ajoutons que, avec l'autorisation donnée par M. Pétiet, MM. Ernest Gouin et Cie ont construit sur ce système plusieurs locomotives pour le chemin du Nord espagnol, de Saragosse à Alsasna.

A cet effet, indépendamment de quelques variantes dans les formes générales, les constructeurs ont nécessairement dû faire certaines modifications commandées ou facilitées par la voie espagnole, qui est notablement plus large que toutes les autres voies de l'Europe, puisqu'elle porte 1m 65 entre les deux rails.

MACHINE LOCOMOTIVE A VOYAGEURS A QUATRE CYLINDRES ET A CINQ ESSIEUX.

REPRÉSENTÉE FIG. 12, PLANCHE 13.

Au moment où nous écrivons, il ne nous est point encore parvenu autant de renseignements sur cette machine à voyageurs que sur la précédente, qui est, d'ailleurs, entrée tout à fait dans le domaine de l'application et dont plusieurs spécimens sont déjà en circulation sur les lignes du Nord.

Comme on a pu, d'ailleurs, en étudier précédemment les bases de la manière la plus complète et la plus intelligible, dans la Notice de M. Petiet (voir ci-dessus), nous nous bornons ici à quelques mots sur la disposition générale de son mécanisme et nous rappelons que son générateur et les caisses d'approvisionnement ont la plus grande analogie avec la machine qui vient d'être décrite.

Ainsi que le montre la fig. 12, le mécanisme moteur est double et composé de deux paires de cylindres A et A′, actionnant séparément deux essieux moteurs armés de leurs grandes roues B et B′, entre lesquelles sont trois essieux portants munis de petites roues C, de même diamètre que celles de la machine à marchandises.

Les deux appareils peuvent aussi recevoir la vapeur ensemble ou isolément, et seraient donc doués d'une indépendance absolue, si ce

n'était le mécanisme de *relevage,* qui doit toujours, comme dans la machine à marchandises, produire son effet pour les deux simultanément.

Comme l'a fait observer M. Petiet, l'entre-axe des roues motrices est moindre que celui de certaines machines dont l'essieu moteur est placé au milieu, et moyennant un jeu convenable réservé aux essieux portants, cette machine peut passer très-bien dans les courbes, en conservant fixes les essieux d'entrée et de sortie, ce qui doit contribuer à assurer sa stabilité.

Pour tout ce qui concerne les dimensions et conditions de marche et l'établissement de cette machine locomotive, nous renvoyons à la notice précitée, et notamment aux pages 139 à 141.

Nous croyons devoir aussi renvoyer de même à la machine Crampe que nous avons publiée dans le tome XIII de ce Recueil, et à la machine précédente pour les détails du mécanisme, qui leur est tout à fait comparable, si nous en exceptons la disposition des tiroirs qui, dans cette dernière machine, sont parallèles aux tiges de pistons, au lieu d'être inclinés, ce qui introduit une pièce de renvoi dans le mouvement de leur commande.

EXPÉRIENCES SUR LES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DES CHEMINÉES DES LOCOMOTIVES.

MM. A. Nozo et O. Geoffroy ont entrepris, en 1860, et sous la direction de M. J. Petiet, une série d'expériences ayant pour objet de déterminer les conditions dans lesquelles il convient d'établir les cheminées des locomotives pour en obtenir le meilleur tirage possible.

Les résultats de ces expériences, extrêmement nombreuses et faites avec le plus grand soin, ont été publiés, avec toute l'étendue désirable, dans le *Bulletin de la Société des ingénieurs civils,* vol. VIII, année 1863.

Comme l'espace ne nous permet pas de reproduire ce volumineux travail, nous allons essayer d'en détacher les points les plus saillants ou résumatifs, et particulièrement ceux qui concernent particulièrement les machines du système que nous venons de décrire.

La première partie de ces expériences se rapporte à un appareil spécial, de moindres dimensions que celles d'une locomotive, et mieux approprié aussi aux variations qu'il était nécessaire de faire subir aux divers éléments soumis aux essais.

On se proposait d'examiner les points suivants, qui constituent les éléments du tirage résultant de l'échappement dans un générateur de ce système :

1° Résistance à travers la grille, dans les tubes et à l'entrée de la cheminée ;

2° Quantité de vapeur qui s'écoule par l'échappement ;

3° Pression génératrice de la vitesse de la vapeur qui s'échappe, autrement dit contre-pression dans les cylindres ;

4° Hauteur, ou mieux, longueur de la cheminée ;

5° Distance de l'échappement à l'orifice de la cheminée ;

6° Rapports entre les sections de passage de fumée d'échappement et de cheminée.

En partant de ces bases, et à la suite de nombreux essais, minutieusement discutés et analysés, les expérimentateurs ont été amenés aux conclusions suivantes :

1° Une cheminée quelconque essayée avec une section de passage, une section d'échappement et une pression de vapeur données, doit avoir, pour produire son maximum d'effet, une longueur égale à 6 ou 8 fois le diamètre, environ. Une plus grande longueur n'a plus qu'une faible influence.

2° L'embase conique, placée à la partie inférieure de la cheminée, paraît sans influence sensible sur le tirage.

3° Une cheminée, de longueur convenable, peut pénétrer dans l'intérieur de la boîte à fumée jusqu'au plan supérieur de l'arrivée d'air, en supposant que l'échappement descende en même temps que la cheminée, sans que le tirage en soit influencé. Mais, passé cette limite, si on descend la cheminée jusque dans le courant d'arrivée de fumée, le tirage diminue sensiblement.

4° Lorsque la cheminée a une longueur suffisante, c'est-à-dire de 6 à 8 fois son diamètre, la distance de l'échappement à l'entrée de la cheminée est sans influence sensible, lorsque cette distance ne dépasse pas une fois et demie environ le diamètre de la cheminée. Au delà de cette limite, le tirage diminue très-rapidement.

La pénétration de l'échappement dans la cheminée ne paraît pas avoir d'influence très-nuisible, tant que l'on conserve à la cheminée la longueur convenable mesurée depuis l'orifice d'échappement.

5° Pour une combinaison donnée de section de passage, de section d'échappement et de vitesse de sortie de la vapeur, il y a une section de cheminée qui fait produire à cette combinaison le maximum d'appel, la cheminée étant supposée avoir une longueur de 6 à 8 fois son diamètre.

6° Avec une même section de passage, ou un même obstacle, si la section de l'échappement ne varie que du simple au double, quelle que soit la vitesse de sortie de la vapeur, on peut dire que c'est toujours la même cheminée qui, pour chaque cas, fera produire le maximum d'appel.

7° Une cheminée ordinaire, de section donnée, et un échappement, de section aussi donnée, peuvent être remplacés, jusqu'à un certain point, par une cheminée multiple et un échappement multiple, de sections respectivement équivalentes : la cheminée ordinaire étant supposée avoir une longueur égale à 6 ou 8 fois le diamètre pour produire son maximum d'effet, et la cheminée multiple une longueur égale seulement à 6 ou 8 fois le diamètre des cheminées partielles. Pour une même pression de vapeur, les deux cheminées appelleront sensiblement des quantités d'air égales à travers un obstacle donné.

A la suite des précédentes, une deuxième série d'expériences a été entreprise sur des locomotives mêmes, afin de rechercher les *degrés de*

comparaison à établir entre ces essais précis, mais à l'aide d'un appareil de dimensions réduites, et ceux qu'il serait possible d'obtenir en grand, en faisant usage alors de procédés possibles dans cette circonstance.

En effet, vu la difficulté d'appliquer à une machine en marche et en service réel un anémomètre pour mesurer la quantité d'air appelé dans la cheminée, on a dû se restreindre à l'emploi d'un manomètre à eau indiquant dans la boîte à fumée la dépression de l'air, qui augmente avec le tirage, et permet nécessairement la comparaison des effets de plusieurs cheminées successivement appliquées à la même machine.

De même, au lieu de rechercher directement la mesure de la vitesse de la vapeur à l'échappement, on a simplement disposé en ce point un manomètre à mercure, dont les variations permettent d'établir une comparaison entre les effets observés.

Pour déduire de l'observation de ces deux manomètres les effets comparés de deux cheminées différentes, on en conclut à l'avance que celle des deux cheminées qui, pour les mêmes pressions dans le manomètre de l'échappement, donnera les plus fortes dépressions dans la boîte à fumée, sera celle qui produira le plus grand tirage.

Des nombreuses expériences faites avec cette méthode et sur diverses machines, nous citerons seulement celles relatives à l'emploi de cheminées horizontales sur les machines à 4 cylindres.

Ces expériences avaient pour but de déterminer la section et la longueur qu'il convenait de donner à une cheminée horizontale pour obtenir le maximum de tirage.

On a d'abord recherché l'influence de la section de la cheminée avec un échappement de 100 millimètres de diamètre; les cheminées d'expérimentation présentaient les diamètres suivants :

$0^m40 — 0^m45 — 0^m48 — 0^m52 — 0^m55.$

Ces cheminées avaient chacune 3^m50 de longueur, c'est-à-dire au moins six fois le diamètre de la plus forte cheminée. On a fait varier la pression dans le tuyau d'échappement, en ouvrant graduellement le régulateur, et on a observé les dépressions dans les boîtes à fumée.

La première des deux tables suivantes donne les résultats obtenus avec les diverses cheminées.

De la discussion des nombres de cette table et à l'aide de tracés graphiques, les expérimentateurs ont déduit ce qui suit :

1° Que la cheminée n° 1 de 0^m40, donne des dépressions inférieures à celles des autres cheminées.

2° Que les cheminées n°s 3 et 4, de 0^m45 et 0^m48, semblent donner plus de tirage que les autres, sans qu'on puisse cependant se prononcer sur celle qui donne le maximum.

Les expériences ont été répétées avec un échappement de 0^m125 de diamètre,



EXPÉRIENCES SUR LES CHEMINÉES DE LOCOMOTIVES

(PREMIER TABLEAU.)

Nos D'ORDRE.	PRESSION dans l'échappement en mill. de mercure.	MOYENNES des dépressions en mill. d'eau dans la boîte à fumée	Nos D'ORDRE.	PRESSION dans l'échappement en mill. de mercure.	MOYENNES des dépressions en mill. d'eau dans la boîte à fumée	Nos D'ORDRE.	PRESSION dans l'échappement en mill. de mercure.	MOYENNES des dépressions en mill. d'eau dans la boîte à fumée
CHEMINÉE DE 0,400			CHEMINÉE DE 0,480			CHEMINÉE DE 0,550		
1	30	13	1	30	12.8	1	30	13.6
2	60	26	2	60	27	2	60	26.6
3	90	37.5	3	90	40.8	3	90	41.8
4	120	49	4	120	54.6	4	120	52
5	150	59.6	5	150	68.5	5	150	63.5
6	180	69	6	180	80.5	6	180	75
7	210	76.5	7	210	91.3	7	210	85.5
8	240	84.5	8	240	102.5	8	240	95.5
9	270	93.6	9	270	113.8	9	270	106.1
10	300	102.3	10	300	127.3	10	300	117.3
CHEMINÉE DE 0,450			CHEMINÉE DE 0,520					
1	30	13.5	1	30	14.3			
2	60	28.3	2	60	27.1			
3	90	44.1	3	90	41			
4	120	54.6	4	120	54			
5	150	68.6	5	150	65			
6	180	77	6	180	77.3			
7	210	86.6	7	210	88.1			
8	240	97.3	8	240	99.5			
9	270	108.6	9	270	110.7			
10	300	119.3	10	300	121			

et on a de nouveau trouvé que les deux cheminées de 0m 45 et de 0m 48 étaient encore celles qui donnaient le maximum d'appel.

Pour vérifier l'influence de la longueur de la cheminée, on a essayé, comme précédemment, avec un échappement de 0m 125 millimètres, une cheminée de 0m 45 de diamètre, ayant les longueurs suivantes :

1 mètre — 2 mètres — 3 mètres — 4 mètres — 2 mètres, plus un coude (1).

On a de même résumé ainsi ces derniers essais, dont les résultats sont consignés dans la deuxième table :

1° Que le tirage a augmenté avec la longueur, mais que de 3 à 4 mètres l'augmentation paraît nulle.

(1) Cette cheminée avait 2 mètres de partie droite, plus un coude à l'extrémité de 1 mètre de développement.

EXPÉRIENCES SUR LES CHEMINÉES DE LOCOMOTIVES

(DEUXIÈME TABLEAU.)

Nos D'ORDRE.	PRESSION dans l'échappement en mill. de mercure.	DÉPRESSION en mill. d'eau dans la boite à fumée.
CHEMINÉE DE 1m DE LONGUEUR.		
1	5	5
2	16	6
3	30	10
4	74	22
5	119	34
6	169	46
CHEMINÉE DE 2m DE LONGUEUR.		
1	16	9
2	27	15
3	39	21
4	46	24
5	63	32
6	73	36
7	123	58
CHEMINÉE DE 3m DE LONGUEUR.		
1	14	10
2	24	18
3	38	27
4	44	32
5	53	37
6	54	39
7	73	47
8	96	59
9	123	75
10	151	85
11	207	110

Nos D'ORDRE.	PRESSION dans l'échappement en mill. de mercure.	DÉPRESSION en mill. d'eau dans la boite à fumée.
CHEMINÉE DE 4m DE LONGUEUR.		
1	19	16
2	23	17
3	35	25
4	54	37
5	94	60
6	117	70
7	129	75
8	132	76
9	152	85
CHEMINÉE AVEC COUDE.		
1	24	14
2	34	19
3	49	25
4	56	27
5	65	32
6	89	43
7	97	46
8	112	51
9	132	60
10	132	60
11	83	39
12	61	29
13	37	20

2° Que la cheminée n° 5, de 2 mètres de partie droite, plus un coude de 1 mètre développé, soit au total 3 mètres, n'a pas donné plus de tirage que la cheminée droite de 2 mètres.

Les expériences ont été répétées avec un échappement de 100 millimètres et des cheminées ayant successivement 2 mètres, 2m50, 3 mètres, 3m50 et 4 mètres, et l'on a reconnu que la cheminée de 3m50 paraissait produire un peu plus de tirage que les cheminées de 3 à 4 mètres, de sorte que la longueur de la cheminée qui produit le maximum d'appel paraît comprise entre 3 et 4 mètres, soit, comme nous l'avons déjà dit, environ dix fois son diamètre.

RECHERCHES

SUR

LA COMBUSTION DE LA HOUILLE ET DU COKE

DANS LES FOYERS DES LOCOMOTIVES ET DES CHAUDIÈRES FIXES

Par M. DE COMMINES DE MARSILLY.

« J'ai fait, dit M. Commines de Marsilly, dans une récente communication faite à l'Académie des sciences, un grand nombre d'analyses de gaz provenant de la combustion du coke et de la houille dans les foyers des locomotives et des chaudières fixes ; j'ai déduit de ces analyses la manière dont s'opérait la combustion. Je considère d'abord la combustion du coke dans le foyer d'une locomotive.

Quand la machine est placée en tête d'un train qui va partir, il n'y a point d'autre tirage que celui de la cheminée ; il est faible, la combustion est incomplète ; on trouve dans les gaz de la combustion de l'acide carbonique, pas d'oxygène, beaucoup d'oxyde de carbone et de l'azote. Aussitôt que le train se met en marche, sous l'influence d'un fort tirage, sur 100 parties d'oxygène qui traversent la grille, il en arrive une quantité plus grande que précédemment dans la chambre du foyer : elle est généralement suffisante pour brûler l'oxyde de carbone qui s'y trouve ; les gaz de la combustion se composent d'acide carbonique, d'oxygène et d'azote ; l'oxyde de carbone a disparu ou considérablement diminué.

Au bout de peu de temps, la locomotive a acquis toute sa vitesse, le tirage a toute son énergie. Toute la masse du coke devient incandescente, la température s'élève de plus en plus ; la zone de combustion se rétrécit, comme cela a lieu dans les hauts-fourneaux. Par suite, l'oxygène se combine plus facilement avec le carbone, et l'acide carbonique, en traversant la couche de coke, se transforme plus rapidement en oxyde de carbone. Pour 100 parties d'oxygène traversant la grille : 1° la quantité d'oxyde de carbone arrivant dans la chambre du foyer va en croissant ; 2° la quantité d'oxygène arrivant dans la chambre du foyer va en diminuant. Si dans les premiers moments qui suivent le départ les

gaz de la combustion renferment de l'oxygène et point d'oxyde de carbone, l'oxygène ira en décroissant graduellement et disparaîtra bientôt pour faire place à l'oxyde de carbone qui va en croissant. S'il y avait de l'oxyde de carbone, la quantité n'en fera que croître.

Quand on laisse tomber la charge, il arrive un moment où, les accès d'air étant plus faciles, l'épaisseur du coke à traverser est moindre, l'inverse de ce qui se passait précédemment se produit : pour 100 parties d'oxygène traversant la grille, la quantité d'oxygène arrivant dans la chambre du foyer augmente et la quantité d'oxyde de carbone diminue. Les gaz de la combustion renferment, à partir de ce moment, des quantités décroissantes d'oxyde de carbone ; ce gaz disparaît ensuite pour faire place à l'oxygène qui va en croissant, à mesure que se réduit l'épaisseur de la couche de coke.

Ainsi, il y a deux périodes bien distinctes dans la combustion continue d'une masse de coke dont l'épaisseur à l'origine est de 0m60 à 1 mètre, et qui brûle jusqu'à ce qu'elle soit complétement consommée.

Les analyses de gaz qui suivent montrent l'existence de la première période ; celles de la seconde se déduit du raisonnement.

MACHINE ENGERTH. — VITESSE DE 30 A 40 KILOMÈTRES.

GAZ RECUEILLI.	POUR 100 PARTIES DE GAZ.			
	ACIDE carbonique.	OXYGÈNE.	OXYDE de carbone.	AZOTE.
1° 6 minutes après le départ	15.34	4.76	8.00	79.90
2° 9 minutes après le départ	11.76	2.94	0.00	85.30
3° 10 minutes après le départ	17.70	0.00	1.90	80.40

Ce n'est que quand il est au moment d'arriver au dépôt que le mécanicien laisse tomber le feu ; en marche, il maintient la hauteur du coke entre de certaines limites par des chargements faits à intervalles successifs.

Un chargement augmente l'épaisseur du combustible et diminue les accès d'air, ce qui tend à augmenter la production d'oxyde de carbone. Mais il refroidit la masse de coke incandescente, ce qui a pour résultat de diminuer la production d'oxyde de carbone et d'augmenter la quantité d'oxygène qui pénètre dans la chambre du foyer. Aussi, après un chargement, l'oxygène apparaît-il dans les gaz de la combustion et

l'oxyde de carbone disparaît-il, ou, si ce dernier gaz persiste à l'exclu-sion du premier, se trouve-t-il en quantité moindre.

MACHINE ENGERTH. — VITESSE DE 40 KILOMÈTRES.

GAZ RECUEILLI.	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	OXYDE DE CARBONE.	AZOTE.
16 minutes après le départ.................	17.70	0.00	1.90	80.4[illegible]
26 minutes après le départ (chargement)....	»	»	»	»
31 minutes après le départ.................	13.09	2.98	0.00	83.93
34 minutes après le départ.................	12.41	2.06	0.09	85.[illegible]
38 minutes après le départ.................	12.76	1.60	0.00	85.64
41 minutes après le départ.................	10.30	0.60	0.00	89.1[illegible]

Les analyses suivantes mettent ces faits en relief.

Plus la vitesse est grande, plus le tirage est actif et plus la température de la masse de coke est élevée ; moindre, par suite, pour 100 parties d'oxygène transversant la grille, est la quantité d'oxygène pénétrant dans la chambre du foyer, et plus grande la quantité d'oxyde de carbone y arrivant. On doit donc trouver, toutes choses égales d'ailleurs, plus d'oxyde de carbone dans les gaz de la combustion avec les machines marchant à grande vitesse qu'avec les autres ; c'est ce que montrent les analyses recueillies sur une machine Crampton marchant à une vitesse de 80 kilomètres à l'heure, et dont les dimensions du foyer sont à peu près les mêmes que celles de la machine Engerth ci-dessus, les accès d'air étant plus grands.

MACHINE CRAMPTON. — VITESSE DE 80 KILOMÈTRES EN MARCHE.

GAZ RECUEILLI.	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	OXYDE DE CARBONE.	AZOTE.
5 minutes après le départ.................	14.10	2.45	5.15	78.30
10 minutes après le départ............... ..	14.30	0.00	8.40	77.30
13 minutes après le départ.................	12.60	1.50	8.80	77.10

L'impureté et la porosité du coke sont des causes de production d'oxyde de carbone.

La combustion de la houille est beaucoup plus compliquée que celle du coke. La houille, en effet, sous l'action de la chaleur, donne deux produits bien distincts, le carbone fixe et les matières volatiles. Ces deux produits se forment simultanément et se combinent d'une manière distincte avec l'oxygène ; il y a donc à considérer deux combustions simultanées, celle du coke et celle des produits volatils. Or, la nature et la quantité du coke, comme la nature et la quantité des matières volatiles, dépendent de l'espèce de houille ; il est donc de la plus haute importance de tenir compte de l'espèce de houille que l'on brûle.

J'examine successivement la combustion de la houille dans les foyers des locomotives et dans les foyers des chaudières fixes.

Quand une locomotive avec son foyer chargé de houille est placée en tête d'un train avant le départ, le tirage est faible, la combustion est fort incomplète. Aussitôt que le train se met en marche, le tirage devient actif, la quantité d'oxygène qui traverse la grille dans l'unité de temps augmente considérablement, et ce qui en pénètre dans la chambre du foyer suffit pour opérer la combustion complète des matières volatiles et de l'oxyde de carbone. S'il ne suffit pas, il diminue beaucoup du moins la proportion de gaz non brûlés. C'est ce que prouvent les résultats des analyses de gaz recueillis peu de temps après le départ sur diverses machines.

NATURE de LA HOUILLE.	TEMPS écoulé DEPUIS LE DÉPART.	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	GAZ DES MARAIS.	OXYDE DE CARBONE.	HYDROGÈNE.	AZOTE.
Houille grasse (centre belge)........	$^{1}/_{4}$ de minute.	14.20	0.00	2.80	0.00	2.80	82.00
Houille grasse (Denain)............	2 minutes.	14.00	2.60	0.00	0.00	0.00	83.40

Au bout de quelques minutes, le train va à sa vitesse normale, le tirage a toute son activité, la température du coke formé s'élève, la décomposition du charbon, sous l'action de la chaleur, marche rapidement, et le dégagement des matières volatiles devient fort abondant ; puis ce dégagement se régularise ; enfin, il diminue beaucoup et consiste presque uniquement en hydrogène, et pour une faible partie en oxyde

de carbone et gaz hydrogène protocarboné. Il résulte de là que la combustion complète des produits volatils dans l'unité de temps prend de quantités d'oxygène décroissantes. D'autre part, la combustion du coke ainsi que nous l'avons vu plus haut, prend une partie de plus en plu grande de l'oxygène qui traverse la grille dans l'unité de temps, et la quantité d'oxyde de carbone arrivant dans la chambre du foyer est de plus en plus grande. Il y a donc là deux phénomènes qui se combattent: l'un, la diminution progressive de produits volatils, est favorable à une combustion complète; l'autre, la combustion du coke à une température de plus en plus élevée, favorise la production d'oxyde de carbone.

J'ai établi ce qui se passe avec chaque espèce de houille.

Je me borne dans ce court résumé à montrer comment la combustion s'opère avec une houille grasse du centre belge, se rapprochant du demi-gras (machine à marchandises du Creuzot).

GAZ RECUEILLI.	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	GAZ DES MARAIS.	OXYDE DE CARBONE.	HYDROGÈNE	AZOTE.
4 minutes avant le départ.......	13.10	»	2.22	4.46	5.08	[illegible]
15 secondes après le départ.......	14.20	»	»	2.80	»	[illegible]
9 minutes après le départ........	11.25	»	1.00	8.25	4.65	[illegible]
16 minutes après le départ........	18.70	»	1.14	4.70	0.86	[illegible]
20 minutes après le départ........	17.04	»	»	1.40	»	[illegible]
22 minutes après le départ........	15.80	»	»	»	»	[illegible]
26 minutes après le départ........	15.08	»	»	2.30	»	[illegible]

Ce qui est remarquable, c'est que les houilles demi-grasses et q beaucoup de houilles grasses maréchales à courte et à longue flamme brûlent sans fumée, quoique l'oxygène de l'air ne soit pas en excès qu'on trouve de l'oxyde de carbone en forte proportion dans les gaz la combustion.

L'oxygène se porte, de préférence à l'oxyde de carbone et même l'hydrogène libre, sur l'hydrogène des composés hydrogénés, et sépare le carbone, avec lequel il se combine sous l'influence d'une température très-élevée. Il est possible et même très-probable que le carbone, au sortir de sa combinaison, s'il ne trouve pas d'oxygène, transforme l'acide carbonique du milieu dans lequel il se trouve en oxyde carbone, grâce à la température élevée qui existe.

Nous arrivons maintenant à la combustion de la houille dans le foyer des chaudières fixes. Là nous trouvons un tirage beaucoup moins actif que précédemment; de plus, la couche de combustible n'a que 15 à 20 centimètres d'épaisseur, au lieu de 60 centimètres à 1 mètre.

Il en résulte que l'oxygène de l'air arrive en plus grande proportion dans la chambre du foyer, et qu'il en passe une quantité notable parmi les gaz de la combustion, comme le montre le tableau suivant :

MÉLANGE DE HOUILLE ANGLAISE ET DE MONS (Grand Hornu).

GAZ RECUEILLI.	ACIDE CARBONIQUE.	OXYGÈNE.	AZOTE.
1 minute après le chargement	10.10	5.05	84.85
6 minutes après le chargement	10.81	7.56	81.63
11 minutes après le chargement	4.32	12.97	82.71

Cependant, la fumée est abondante. C'est que, pour une combustion complète, il faut trois conditions :

1° De l'oxygène en quantité suffisante pour se combiner avec les éléments des matières volatiles de l'oxyde de carbone ;

2° Un mélange intime de l'oxygène et du gaz ;

3° Une température élevée.

Ces deux dernières conditions sont remplies dans les foyers des locomotives; elles ne le sont qu'imparfaitement dans ceux des chaudières fixes.

J'arrive en définitive à la conclusion suivante : qu'un tirage très-actif, combiné dans certains cas avec une introduction d'air très-divisé dans la chambre du foyer, permet seul d'opérer la combustion complète sans excès d'air et sans fumée.

APPAREILS DE LEVAGE A CHAINE GALLE

GRUE ROULANTE A CHARIOT

POUR TRANSBORDEMENT, DE TRENTE TONNES

ET

GRUE DE MONTAGE DE VINGT TONNES

Par M. C. NEUSTADT, ingénieur à Paris.

(PLANCHE 15.)

Les grues roulantes, composées de deux chevalets montés sur roues et reliés par une voie aérienne sur laquelle un chariot peut rouler avec la charge que l'on y suspend, sont d'invention assez récente. Un des premiers appareils de ce genre est dû à M. Arnoux (1), ingénieur, ancien administrateur des Messageries générales, et bien connu pour son système de trains articulés qui fonctionne depuis longtemps sur le chemin de fer de Paris à Sceaux et Orsay. Cet appareil, dont nous avons donné le dessin dans le VIIe volume de ce Recueil, a été appliqué, dès l'origine, à la gare du chemin de fer d'Orléans pour le service de transbordement des caisses de diligences sur les wagons à trucs.

La disposition qui a reçu les plus nombreuses applications, et qui est antérieure à la grue Arnoux, est celle dans laquelle le chariot est muni du treuil qui permet l'élévation du fardeau; dans ce cas, les hommes chargés de la manœuvre doivent naturellement se trouver sur le pont pour agir sur les manivelles; tel est le système des *ponts roulants* depuis longtemps en usage dans les ateliers de montage, et dont la planche 2 du présent volume montre un très-beau modèle.

(1) Cet appareil a été breveté au nom de l'inventeur le 11 juin 1850. Nous avons fait connaître dans le *Génie industriel*, tome XX, l'ingénieux mécanisme de trains articulés imaginé et perfectionné par M. Arnoux.

Les deux grues roulantes que nous allons décrire n'appartiennent pas à ce système; dans celles-ci, l'élévation de la charge suspendue à leur chariot est produite par un treuil indépendant monté contre l'un des chevalets, et tous les mécanismes sont disposés de telle sorte que les hommes peuvent, sans quitter le sol, actionner les manivelles pour effectuer les trois manœuvres de l'élévation du fardeau, du déplacement du treuil dans le sens longitudinal du pont et, enfin, de la translation de tout l'appareil sur la voie ferrée.

Ce qui a permis d'adopter ces dispositions avec un avantage réel, ce sont les divers perfectionnements apportés par M. Neustadt dans la construction de ces appareils, et notamment l'application de la chaîne Galle qui, en permettant de réduire les dimensions du treuil et le nombre des engrenages, donne la facilité de transmettre le mouvement sans complication d'organes embarrassants et avec une grande sécurité.

DESCRIPTION DE LA GRUE ROULANTE A CHARIOT.

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 3, PL. 15.

La fig. 1 représente, en section longitudinale faite par le milieu, une grue de 30 tonnes, système dit à chaîne Galle;

La fig. 2 en est une projection latérale vue de côté du treuil;

La fig. 3 une section transversale du pont et du chariot, faite suivan la ligne 1-2 de la fig. 1.

On reconnaît à l'inspection de ces figures que l'appareil se compose les deux forts chevalets en chêne A, réunis à leur sommet par les deux poutres B avec âme en tôle et fers d'angle de chaque côté, haut et bas, formant doubles T, lesquels sont renforcés par des T simples *b*, placés verticalement à un mètre de distance les uns des autres. Ces deux poutres, entièrement en fer, sont reliées à leurs extrémités par les caissons C, fondus latéralement avec des consoles renversées *c*, dont les patins servent à les boulonner sur les pièces de bois horizontales qui forment la tête les chevalets; ces dernières étant elles-mêmes réunies aux maîtresses poutres par les petites équerres en fonte *c'*.

Comme la portée de cette grue est très-grande, puisque la distance d'axe en axe des chevalets est de 7m 670, chaque poutre en fer à double T est soutenue de chaque côté par une des grandes et fortes équerres en fonte D, boulonnées aux montants A des chevalets.

Ces derniers sont consolidés par les croix de Saint-André A', et les deux poutres parallèles horizontales qui forment leur base sont munies des paliers en fonte *e*, dans lesquels tournent les axes des galets de roulement E. Ces galets sont en fonte avec bandage en fer à double bourrelet pour guider leur mouvement sur les rails Brunel installés pour les recevoir. Deux de ces galets sont fondus avec des roues dentées E', qui en-

grènent chacune respectivement avec un pignon *e'* calé sur un axe intermédiaire monté dans des paliers qui sont boulonnés sur les traverses inférieures de chaque chevalet.

Ce même axe reçoit une roue dentée commandée par un petit pignon dont l'axe porte le volant à manettes F, sur lesquelles agissent les hommes de service pour effectuer la translation de tout l'appareil sur la voie du quai.

CHARIOT. — Le chariot, d'une construction extrêmement simple, est entièrement en fer; il est composé d'un double cadre G dont les angles sont renflés pour recevoir, au-dessus du pont, les axes des quatre galets H, qui reposent sur deux rails Brunel *h*, rivés par leurs patins sur la tête des deux maîtresses poutres B. Les deux angles du bas reçoivent les axes des deux poulies I, dans les dents desquels engrènent les fuseaux de la chaîne Galle élévatoire J.

A cette chaîne est suspendu le crochet K; sa chape en fonte *k* est munie de deux poulies *j* qui servent de renvois à la chaîne, laquelle passe sur un troisième pignon I', placé sur la traverse inférieure du chariot, au milieu des deux premiers, de telle sorte qu'attachée en un point fixe *i* du caisson de droite C (fig. 1), cette chaîne se trouve ainsi doublement moufflée.

Le cadre en fer du chariot est, en outre, consolidé par deux tirants G', disposés en diagonale pour relier les essieux des galets de roulement H avec le pignon central à double mouffle I'.

TREUIL. — Le treuil, placé près du sol pour se trouver, comme nous l'avons dit, à la disposition des hommes chargés d'effectuer les manœuvres, ne comporte que trois arbres en fer qui tournent dans des paliers venus de fonte avec les deux montants verticaux L, boulonnés à la charpente du chevalet de gauche.

L'arbre inférieur reçoit les deux manivelles motrices M, les pignons *l* et *l'* et la petite roue à rochet *m*, dans les dents de laquelle s'engage le cliquet *m'* destiné à maintenir le fardeau suspendu, en empêchant les engrenages de tourner en sens inverse sous l'action de la charge, lorsque les manivelles sont abandonnées.

L'arbre intermédiaire est muni des deux roues N et N'; la première, engrenant avec le petit pignon *l*, pour la petite vitesse, dans le cas de l'élévation du poids maximum de la charge; la seconde, que l'on engage dans les dents du pignon *l'*, pour la grande vitesse, en faisant glisser l'arbre à manivelle dans ses paliers. Cet arbre est arrêté dans l'une ou l'autre de ces deux positions au moyen de la menotte à poignée *n*, qui s'emboîte dans des portées ménagées à cet effet sur l'arbre, entre les deux pignons.

L'arbre intermédiaire porte la poulie à frein O, lequel frein se manœuvre à l'aide du levier à main O'; ce même arbre est encore muni du pignon en fer *n'*, engrenant avec la grande roue P fixée sur l'arbre supérieur *p*, le-

quel est forgé avec le pignon Galle qui commande la chaîne élévatoire J. Celle-ci passe dans deux gaînes en tôle L′, fixées verticalement contre le chevalet, et vient s'assembler au niveau des poutres du pont avec des conduits arqués en fonte P′, qui guident la chaîne et la dirigent horizontalement.

Le brin mou ascendant traverse le pont dans la gaîne en tôle Q et, par le conduit arqué en fonte Q′, descend librement le long du chevalet de droite.

L'autre bout de la chaîne, celui qui opère l'élévation du fardeau et dont l'extrémité de la mèche est attachée au point fixe *i*, ne peut plus être guidé en quittant le pignon de renvoi *p′*, puisqu'il doit s'engager dans les dents des pignons du chariot, et qu'il faut que celui-ci puisse se déplacer sur toute la longueur du pont.

Aussi, la chaîne est libre de ce côté, ainsi qu'on peut le remarquer sur le dessin, mais comme son poids, vu la grande portée de la grue, est plus considérable que celui du crochet et de sa chape, il arrive naturellement que, lorsqu'il n'y a pas de fardeau en suspension, la chaîne flotte en relevant la chape jusqu'au pignon du chariot.

Pour éviter cet inconvénient, M. Neustadt a imaginé et fait breveter des *soutiens mobiles* sur lesquels la chaîne repose, tout en lui laissant la faculté de se déplacer avec le chariot. Ces soutiens ne sont autres que les étoiles à quatre branches *q*, qui peuvent tourner librement avec leurs axes prisonniers dans les équerres en fonte *q′*, boulonnés intérieurement de chaque côté des maîtresses poutres B (Voy. fig. 1 et 3).

Mouvement de direction du chariot. — Nous avons décrit les dispositions mécaniques qui permettaient l'élévation de la charge et le transport de tout l'appareil sur la voie ferrée du quai; voici maintenant comment s'effectue le déplacement du chariot dans le sens longitudinal du pont.

A cet effet, une chaîne Galle R, dont les deux extrémités sont attachées aux essieux du chariot par des émérillons *r* permettant de la tendre à volonté, passe sur les deux pignons *r′*, forgés avec leurs axes qui sont montés dans des paliers venus de fonte avec les caissons C, reliant, comme on l'a vu, les deux extrémités des maîtresses poutres.

L'axe de l'un de ces pignons, celui de gauche (fig. 1), porte, en dehors de ses paliers, une roue droite R′, qui engrène avec un petit pignon *s* fixé sur un arbre intermédiaire *s′* (fig. 1 et 6), lequel est en outre muni de la roue d'angle S.

Cette dernière est commandée par le pignon *t* (fig. 2), dont l'arbre T, incliné parallèlement à l'un des montants du chevalet auquel ses supports sont boulonnés, descend près du sol pour se trouver à la portée des hommes de service, et recevoir le mouvement au moyen de la roue d'angle S′ commandée par le pignon *t′*, dont l'arbre horizontal porte les deux manivelles motrices U.

RAPPORTS DES ENGRENAGES DE TRANSMISSION

PUISSANCE ET TRAVAIL DU TREUIL SOUS LA CHARGE NOMINALE.

On vient de voir les dispositions adoptées pour effectuer les trois manœuvres nécessaires : celle de l'élévation de la charge, du déplacement du chariot, et enfin de la translation de tout l'appareil sur le quai de déchargement. Afin que ces manœuvres puissent être faites par un personnel restreint, ne devant pas s'élever à plus de 5 à 6 hommes pour l'élévation de la charge maximum de 30,000 kilogrammes, les rapports des engrenages ont été établis par l'ingénieur, comme l'indique le tableau ci-dessous.

SÉRIE.	DÉSIGNATION.		DIAMÈTRES PRIMITIFS.	PAS.	ÉPAISSEURS DES DENTS.	NOMBRES DE DENTS.	LARGEURS.	ALÉSAGES DES MOYEUX.
			mètres.	mill.	mill.		mill.	mill.
TREUIL.	Roue P...............	sur l'axe du pignon Galle..	1.299	58	25	77	120	125
	Pignon Galle (fer).....		234	66	43	11	38	»
	Roue N', grande vitesse.	sur l'arbre intermédiaire..	693	34	16	64	70	70
	Pignon n' (en fer).....		155	53	25	9	125	70
	Roue N, petite vitesse, avec poulie frein.		801	34	16	74	75	70
	Pignon l' grande vitesse.	sur l'arbre des manivelles.	217	34	16	20	75	55
	Pignon l (fer) enterré dans la masse.......		110	34	16	10	80	»
TRANSLATION du chariot.	Pignon d'angle t' sur l'arbre des manivelles............................		183	25	12	23	60	45
	Roue d'angle S'.	sur l'arbre de commande de la transl.	414	25	12	52	60	60
	Pignon d'angle t.		224	32	14.5	22	80	60
	Roue d'angle S..	sur l'arbre intermédiaire............	672	32	14.5	66	80	75
	Pignon droit s...		154	37	17	13	105	75
	Roue droite R'.......	arbre commandant la chaîne.	1.001	37	17	85	100	80
	Pignon Galle r' (fer).		142	44	25	10	30	»
	Id. id. id. sur l'arbre de renvoi de la chaîne........................		142	44	25	10	30	»
	5 roues Galle I, I', pour moufles......		338	66	43	16	38	2 à 55, 3 à 60
	Roue Galle p' dans la boîte de retour..		338	66	43	16	38	65
TRANSLATION de la grue.	Pignon sur l'arbre des manivelles......		120	27	12	44	70	60
	Roue f sur l'arbre intermédiaire........		508	27	12	59	70	80
	Pignon e' id. id............		258	35	16	23	80	80
	Roue E' des galets....................		805	35	16	72	80	130

On peut établir, d'après ce tableau, les rapports de la puissance à la résistance, et de leurs vitesses respectives pour chacune des manœuvres.

Voyons, ainsi que nous l'avons fait au sujet du pont roulant dessiné pl. 2 de ce volume, l'effort nécessaire pour élever, dans les conditions d'établissement de cette grue, la charge nominale de 30,000 kilogrammes.

En agissant sur les manivelles M, qui ont $0^{m}350$ de rayon, soit un diamètre de $0^{m}700$, on a pour la petite vitesse :

$$\frac{0{,}700 \times 0{,}801 \times 1{,}299}{0{,}234 \times 0{,}110 \times 0{,}155} = \frac{1}{182{,}9}$$

et comme la chaîne élévatoire est doublement moufflée, le chemin parcouru est quatre fois moins considérable ; on a donc :

$$4 \times \frac{1}{182{,}9} = \frac{1}{731.6}$$

Par suite, en admettant, comme nous l'avons déjà fait d'après les expériences mêmes de M. Neustadt, un développement de 1 mètre par seconde à la circonférence des manivelles, la vitesse d'élévation sera de

$$\frac{1^{m}000}{731.6} = 0^{m}001366 \text{ par seconde,}$$

soit, par conséquent,

$$0^{m}001366 \times 60 = 0^{m}081{,}96 \text{ par minute.}$$

La charge effective étant de 30,000 kilogr., et en ajoutant environ 1,500 kilogr. de charge morte pour la chaîne et son crochet, on a pour l'effort à exercer sur les manivelles :

$$\frac{31{,}500^{k}}{731.6} = 43 \text{ kilogr.}$$

En ajoutant 1/6 pour les frottements, on arrive à un travail réel correspondant à environ 50 kilogrammes à élever à un mètre en une seconde, c'est-à-dire à un travail effectif de 50 kilogrammètres.

Or, comme un manœuvre appliqué à la manivelle d'une grue qui ne fonctionne que par intermittence, peut, sans trop de peine, exercer un travail de 10 kilogrammètres par seconde, on voit que 5 hommes suffiront pour élever la charge maximum précitée ; et quatre de ces mêmes hommes seront plus que suffisants tant pour déplacer le chariot que pour effectuer la translation de la grue.

DESCRIPTION DE LA GRUE DE MONTAGE DE VINGT TONNES

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 4 A 6 DE LA PL. 15.

Comme dispositions générales, cette grue ne diffère pas sensiblement de la précédente; les transmissions de mouvement sont combinées de même pour produire l'élévation de la charge, le déplacement du chariot et la translation des galets de roulement sur la voie ferrée.

Sa construction seule, comme on peut le remarquer par les fig. 4, 5 et 6, qui représentent la tête de cette grue en sections longitudinales et transversales, est un peu modifiée, principalement pour le pont qui, au lieu d'être en tôle, est formé de deux fortes charpentes B′, de 0,430 sur 0,160 d'équarrissage, reliées aux chevalets A, A′ par quatre grandes équerres en fonte D.

Le chariot G est également en fer et muni des quatre galets H, qui roulent sur des rails de même métal *h*, fixés parallèlement sur ces deux grandes poutres.

Pour ne pas nous répéter dans la description de cette grue, nous avons désigné les mêmes pièces correspondantes à celles de la précédente par des lettres semblables indiquées sur les différentes figures.

Nous ferons seulement remarquer que sa portée est sensiblement moins considérable que dans cette dernière.

Elle n'est que de 4^{m}960 d'axe en axe des chevalets.

Ce qui est bien suffisant pour un tel appareil, destiné principalement au montage des locomotives et à leur réparation.

Sa puissance maximum est de 20,000 kilogrammes, ce qui suffit largement au service de locomotives qui sont amenées pièce à pièce pour le montage, et que, dans le cas de réparation, on ne fait que soulever par une de leurs extrémités.

L'aspect général de ces grues est des plus satisfaisants, et leur construction ne laisse rien à désirer tant sous le rapport de la sécurité que sous celui de la commodité du service; il y en a maintenant un grand nombre installées dans les ateliers de différents chemins de fer, et en particulier nous citerons ceux des chemins de fer d'Orléans, de l'Est, du Nord de l'Espagne, de Madrid à Saragosse et Alicante, etc,

---

TISSAGE MÉCANIQUE

MACHINE A LIRE ET PIQUER

LE PAPIER CONTINU

POUR MÉTIER A LA JACQUART

Par M. FRANÇOIS DURAND, constructeur-mécanicien, à Paris.

(PLANCHES 16 ET 17.)

En décrivant au commencement de ce volume la nouvelle mécanique à la Jacquart de M. Durand, qui permet de remplacer les chapelets de carton en usage par du papier continu, nous avons dit que cet habile mécanicien avait combiné une machine spéciale à lire et à piquer.

En effet, cette substitution du papier continu aux cartons articulés exigeait naturellement, sinon pour le lisage, au moins pour le piquage ou perçage, des modifications importantes dans le mécanisme effectuant cette dernière opération. Aussi la nouvelle machine à lire et percer automatiquement, construite par M. F. Durand pour le service de son métier, présente-t-elle, par la continuité de son action, la légèreté de ses mouvements et l'ensemble de son excellente construction, des particularités très-remarquables qui la font considérer comme l'un des appareils les plus perfectionnés en ce genre.

On sait que *lire un dessin*, c'est percer dans un ordre déterminé d'après un dessin donné sur le papier quadrillé de la *mise en carte*, la quantité de cartons nécessaires pour représenter sur le tissu les mêmes effets.

La double opération du lisage et du perçage fut d'abord effectuée simultanément à la main par Jacquart lui-même, au moyen d'un poinçon en fer et d'un maillet en bois, le carton étant placé sur un billot entre deux plaques en métal percées de trous. Ce mode de perçage, naturellement long et dispendieux, a été une des causes qui ont empêché tout d'abord sa célèbre mécanique de se propager rapidement.

Pourtant, l'invention d'un lisage mécanique indépendant du piquage ne se fit pas attendre. D'après M. Falcot (1), ce sont : MM. Skoka, Triquet et Breton, ce dernier neveu de Jacquart, qui établirent les premières machines connues sous les noms de *lisage courant* ou *lisage à tambour*. Puis vinrent MM. Corban, Ferraussat, Jayet et Villoud, liseurs de dessins à Lyon, qui imaginèrent le *lisage accéléré*, lequel lui-même reçut de M. Dioudonnat, fabricant de métiers à Paris, des perfectionnements notables, consistant principalement en ce que le perçage des cartons s'effectue sur le bâti même du lisage, ce qui évite le transport des poinçons, et, par conséquent, supprime la presse ou machine à percer qui était l'auxiliaire indispensable du lisage accéléré primitif.

Aussi, maintenant, est-ce le dernier système qui est le plus généralement en usage, étant considéré comme donnant les meilleurs résultats et dans les conditions les plus économiques. Seulement, comme ces grands lisages sont d'un prix assez élevé (environ 25,000 francs, y compris les accessoires qui en dépendent), et qu'ils exigent le concours de deux personnes au moins, on a imaginé, pour les fabricants qui ne sont pas à proximité des grandes villes manufacturières où se trouvent des établissements spéciaux qui entreprennent pour chacun de lire les dessins, on a imaginé, disons-nous, des *petits lisages à touches* qui permettent à une seule personne de lire et piquer simultanément les cartons. Dans le volume V de ce Recueil, nous avons donné un dessin et une description détaillée d'un de ces ingénieux liseurs et perceurs mécaniques, construit par M. Tronchat.

Bien que la machine de M. F. Durand, que nous allons décrire, repose en principe sur le système des grands lisages accélérés, elle en diffère sensiblement sous le rapport de la construction et surtout, ainsi que nous l'avons dit, par les combinaisons qui lui permettent d'opérer avec une bien plus grande précision et dans des conditions spéciales, puisqu'au lieu d'agir sur des cartons offrant une assez grande résistance et présentés un à un, elle doit percer une feuille de papier relativement très-mince et se déroulant d'une façon continue.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A LIRE ET PIQUER LE PAPIER CONTINU

REPRÉSENTÉE PL. 16 ET 17.

La fig. 1, pl. 16, représente, vue de côté, l'installation complète de la machine à lire et piquer le papier ;

La fig. 2 en est une vue de face, intérieure, suivant une section faite suivant la ligne 1-2 de l'entablement ;

(1) *Traité encyclopédique et méthodique de la fabrication des tissus*, par M. Falcot (2e édition), 1852.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/15 de l'exécution.

La fig. 3, pl. 17, représente, en section verticale faite par le milieu, la machine à piquer séparée du lisage et dessinée à l'échelle de 1/10;

La fig. 4 en est une vue extérieure du côté de la poulie de commande;

La fig. 5 montre en plan la transmission du mouvement;

Les fig. 6 et 7 sont deux sections perpendiculaires l'une à l'autre, à l'échelle de 1/5, du mécanisme des poinçons perceurs, de leurs guides et des matrices;

Enfin, les fig. 8 à 12 sont les détails de quelques pièces principales, que l'échelle réduite des vues d'ensemble ne peut permettre de bien distinguer.

L'ensemble de l'appareil se compose de trois parties distinctes :

1° Du *lisage* proprement dit, formé d'un assemblage de cordes tendues sur un bâti spécial, et qui, destiné à figurer les fils de chaîne d'un tissu, se nomme *semple;*

2° Du *piquage,* qui est produit par une série de poinçons en nombre égal à celui des crochets ou aiguilles du métier à desservir, et dont le fonctionnement est subordonné aux cordes du semple avec lesquelles ils sont en communication ;

3° Du *repiquage,* qui sert à répéter un dessin déjà percé sans pour cela relire la carte, opération produite indépendamment du semple par une mécanique Jacquart dont les arcades communiquent avec les poinçons.

Du lisage. — Quoique la machine complète soit dite à *lire et à piquer,* la véritable opération du lisage se fait toujours, indépendamment de la machine, sur des *semples* portatifs de rechange, auquel on donne le nom d'*accrochage.*

La lecture de la carte pourrait bien être faite sur le semple même S de la machine (fig. 1); mais on comprend qu'il est bien plus rationnel d'apporter des semples lus, de les accrocher à la boîte disposée à cet effet, et de faire fonctionner l'appareil à piquer pour ainsi dire sans interruption. On arrive ainsi à produire plus rapidement, car le piquage est beaucoup plus expéditif que le lisage, puisqu'un seul perceur ou piqueur peut suffire au travail de six ou sept liseurs.

La *mise en carte* du dessin à reproduire est donnée au liseur, qui sait que chaque rang horizontal des petits carreaux de la carte représente un coup de trame ou une duite; que chaque interligne verticale figure un fil de chaîne ; que la carte se lit par ligne horizontale; qu'enfin chaque petit carreau noir ou colorié donne un *pris* et chaque carreau blanc un *laissé* ou *sauté.* Chaque corde constituant le semple représentant ainsi, comme il a été dit, un fil de chaîne; si on ajoute, dans un ordre déterminé, d'autres cordes nommées *embarbes,* perpendiculairement aux premières, on produit un grossier tissu dont le croisement suit absolument

toutes les indications représentées sur la carte, tissu auquel il ne manque que la finesse des matières, la combinaison du rapport de leur grosseur, ainsi que la réduction régulière produite par le peigne.

Dans la lecture de chaque coup, dit M. Falcot, on choisit de la main droite, pour les placer dans la main gauche, toutes les cordes verticales du semple qui correspondent aux points *pris*, et l'on abandonne toutes celles qui correspondent aux points *sautés*, quel que soit le nombre des uns ou des autres. Puis, lorsqu'on a réuni dans la main gauche autant de cordes qu'on peut en tenir, on en conserve la séparation au moyen de la ficelle dite *embarbe* que l'on passe entre les cordes prises et les cordes sautées; on continue à choisir et à réunir par parties toutes les cordes qui appartiennent aux points pris, en faisant courir l'embarbe jusqu'à l'extrémité droite du semple, pour recommencer de nouveau par la lecture du coup ou du *lat* suivant.

Qu'il y ait ou non des répétitions totales ou partielles de la carte dans la longueur du semple, et que les *prises* soient plus ou moins nombreuses, on donne le nom de *lat* à toutes les cordes qui passent sur une même embarbe, en d'autres termes à tous les *pris* d'un coup de trame, en sorte que chaque embarbe donne son lat.

La lecture du dessin étant déterminée, on décroche le semple de son bâti pour l'accrocher à la machine dite *lisage* et procéder à la prise des poinçons perceurs.

Ceci bien compris, il devient facile d'étudier les dispositions et le jeu d'une machine à piquer à l'aide de semples.

Comme on peut s'en rendre compte à l'inspection des fig. 1 et 2 de la pl. 16, l'ensemble de la machine se compose du bâti en fonte A, de l'appareil à percer, surmonté de deux colonnes *a*, qui, conjointement avec les consoles *a'*, supportent l'une des extrémités de l'entablement en fonte A', lequel est soutenu de l'autre bout par deux colonnes A¹ reposant sur un massif installé au niveau du sol de l'atelier. Cet entablement A' sert à recevoir les guides des ficelles établissant les relations entre les cordes du semple et les poinçons, et à supporter une mécanique Jacquart A³ destinée, comme nous l'expliquerons plus loin, au *repiquage* du papier continu pour la reproduction des dessins déjà lus.

Chaque corde du semple S est terminée par une boucle dont les deux brins qui le forment passent séparément entre deux trous d'une traverse en bois faisant partie du semple, et que l'on place sur des épaulements ménagés intérieurement à cet effet à la partie inférieure des chaises en fonte a^2. Au moyen de cette traverse, toutes les boucles se trouvent maintenues séparées, et peuvent être engagées toutes ensemble très-rapidement dans les petits crochets en cuivre *c*, nommés *pantins*, dont la tête est surchargée de plomb et reliée aux petites cordes *c'*.

Dès que le semple est accroché, on le tend en enroulant sa partie inférieure sur le cylindre ou ensouple *s*, monté au pied des colonnes A¹,

et muni d'une roue à rochets dans les dents de laquelle s'engage un cliquet qui empêche l'ensouple de tourner en sens inverse.

Les cordes du lisage se divisent en trois espèces : 1° celles de *tire* c' et c^2; 2° celles d'*aiguilles* c^3; 3° celles de *repiquage* c^4 correspondant à la mécanique Jacquart.

La totalité de ces cordes, venant de plusieurs directions pour se réunir avec celles c^3 qui passent dans les trous de la planche a^3 (fig. 1 et 15), les dirigeant verticalement pour les réunir aux poinçons, sont guidées par trois séries de baguettes en verre montées dans les châssis b, b' et b^2, et par de petites poulies b^3 (fig. 1, 13 et 14) montées dans les cadres B et B' appelés *cassins*. Ces petites poulies sont séparées les unes des autres par des lamettes en bois très-minces dont la direction est parallèle à celle des montants; elles sont en nombre égal aux cordes du lisage et placées par rangs horizontaux, pour chacun desquels il n'y a qu'une seule broche en fer traversant toutes les lamettes.

Les poinçons, disposés verticalement à la partie supérieure de la machine à piquer, sont percés chacun, à leur extrémité, d'un petit trou qui sert à fixer les cordes d'aiguilles c^3, lesquelles, s'élevant verticalement, passent, comme il vient d'être dit, dans les trous de la plaque-guide a^3, se rendent sur les poulies de renvoi du cadre B', et, venant passer sur les tringles en verre b^2, sont dirigées verticalement pour recevoir à leur extrémité les contre-poids en plomb C, dont le but est de relever constamment lesdits poinçons.

Aux cordes c^3 s'assemblent celles de repiquage c^4 reliées aux crochets du Jacquart A^3, ainsi que celles de tire c^2 guidées par les baguettes de verre b et b', qui se rattachent aux cordes c' placées à cheval sur les poulies de renvoi du cadre B.

Il résulte de la relation de ces diverses cordes entre elles, que si l'on tire l'une ou plusieurs des cordes du semple à la fois, voici ce qui se produit : les pantins correspondants descendent, entraînant avec eux les cordes c' qui y sont attachées, et en soulevant ceux des contre-poids C' suspendus auxdites cordes, lesquelles tirent les cordes c^2, et par suite celles c^3, qui soulèvent naturellement par elles les contre-poids correspondants C. Les poinçons, par ce fait abandonnés à eux-mêmes, descendent verticalement pour percer le papier, tandis que ceux sur lesquels les cordes n'ont eu aucune action restent soulevés sans produire aucun effet. En abandonnant les cordes du semple qui ont été tirées, les contre-poids correspondants C' font aussitôt remonter les pantins, tandis que les premiers C relèvent les poinçons qui ont fonctionné, en les ramenant dans leur position normale.

Du piquage. — La machine à piquer proprement dite se compose du bâti en fonte A, formé de deux flasques verticales réunies entre elles par les quatre entretoises en fer forgé d (fig. 1 et 2, pl. 16, et 3 et 4, pl. 17). Ce bâti supporte, d'une part, à sa partie inférieure, l'arbre moteur D et

l'arbre intermédiaire D', qui communiquent le mouvement aux divers organes de la machine; et, d'autre part, un étui en bronze représenté en détail fig. 6 et 7. Cet étui, mobile dans plusieurs de ses parties, contient les poinçons en acier *e*, en nombre égal aux crochets des plus grands Jacquart. Ces poinçons sont placés sur 12 rangées parallèles de 104 chacune, divisées par quatre, c'est-à-dire tous les 26 poinçons, pour laisser la place à un poinçon *e'* (fig. 7) d'un diamètre plus fort, servant à percer les trous des repères, dans lesquels se logent les *pédonnes* du cylindre Jacquart. Ces derniers poinçons ne sont pas reliés aux cordes du semple et leur mouvement, produit par un mécanisme que nous décrirons plus loin, doit avoir lieu à chacune des divisions du papier représentant les cartons que l'on perce, c'est-à-dire que les poinçons de repères percent à chaque coup.

La pièce principale qui donne le mouvement à tous les organes de la machine, est un levier E placé en dehors du bâti, oscillant autour d'un axe F, et réuni par les entretoises *f* et *f'* à un second levier E', en tout semblable au premier et disposé de l'autre côté de la machine.

L'extrémité postérieure de ces leviers E et E' est garnie de forts contre-poids en fonte E^2, qui les ramènent constamment à leur position première. L'entretoise antérieure *f'* est en fer creux, et sert de poignée à l'ouvrier lorsqu'il fait marcher la machine à la main.

C'est entre les parties de l'étui en bronze, dont il a été question plus haut, et sous les poinçons, que glisse le papier continu que la machine doit percer. Ce papier est, à cet effet, enroulé sur un cylindre en bois ou ensouple G, muni de grandes joues également en bois; il repose et tourne librement dans des petits supports à fourche venus de fonte avec les flasques du bâti.

De cet ensouple le papier est dirigé entre les deux cylindres tendeurs *g* et *g'*, s'introduit dans l'étui, sous les poinçons, où il se trouve percé, et de là se rend sur le cylindre d'appel en cuivre rouge G'. Ce dernier est garni, sur sa circonférence, de petits pointeaux saillants qui s'introduisent dans les trous des repères percés sur le papier, et lui donnent ainsi une traction bien régulière sur toute sa largeur.

Le cylindre G' reçoit un mouvement de rotation alternatif qui lui est communiqué par la roue à rochet H (fig. 4), mobile sur un axe prisonnier dans la flasque de droite du bâti. Cette roue est commandée par le rochet *h'*, monté sur le levier *h* qui suit le mouvement alternatif du levier E auquel il est relié par la petite bielle en fer h^2, de sorte qu'à chaque montée du levier E, la roue à rochet H tourne d'une certaine quantité, entraînant une roue dentée fixée avec elle, et qui engrène avec une autre roue calée au bout de l'axe même du cylindre d'appel G'.

Afin que le papier ne puisse varier dans son développement, le cylindre G' est arrêté après chacun de ses mouvements et maintenu pendant le piquage par deux forts rochets I, qui s'engagent dans les dents des

roues à denture angulaire l′ (fig. 3 et 8) fixées à chaque extrémité du cylindre G′. Ces rochets se dégagent à chaque oscillation du levier E, afin de permettre au cylindre d'appel de se mouvoir, et s'engagent aussitôt après pour tenir le cylindre dans une position invariable.

Pour faciliter les recherches du tisserand sur le papier continu, afin qu'il puisse reconnaître tel ou tel endroit de son dessin, il a fallu diviser le papier percé pour indiquer l'équivalent des cartons en usage ou chaque duite. Ces divisions se font simultanément avec le piquage, au moyen d'un système de tampon à couteau creux qui s'abaisse sur l'endroit voulu du papier, et y marque en couleur une ligne de séparation bien distincte.

Ce système de tampon à encreur mobile, représenté en détail fig. 10, 11 et 12, se compose du long couteau en fer i, prisonnier dans la boite en bronze i', dont les extrémités sont munies des pignons i^2 (fig. 12), dentés sur une partie de leur circonférence, et engrenant avec les crémaillères i^3 qui peuvent glisser dans de petits guides fixés sur la plaque en bronze J reliée au bâti A, et recevant les supports J′ du rouleau encreur j, sur lequel vient appuyer le couteau i, du rouleau distributeur j' qui prend l'encre dans la petite bassine j^2.

Le couteau est relié à ses deux extrémités avec deux bielles en fer J^2, qui lui communiquent un mouvement vertical alternatif, et il est guidé dans sa course par deux petits goujons qui glissent dans une rainure pratiquée dans les plaques J. Dans le mouvement descendant, les pignons i^2, en engrenant avec les crémaillères i^3, transmettent au couteau un mouvement de rotation, de telle sorte que son tranchant se présente vers le bas; à ce moment, lesdits pignons, privés de dents sur une partie de leur circonférence, ne peuvent plus tourner dans la crémaillère, et le couteau, continuant son mouvement descensionnel, entraîne la crémaillère qui n'est retenue en place que par un petit ressort i^4 (fig. 11); le couteau vient alors s'appliquer bien également sur toute la longueur du papier, en y imprimant une longue ligne noire qui indique la division du carton.

Le couteau remonte aussitôt après, d'abord sans tourner, afin de se dégager complétement du papier, et la crémaillère, sollicitée par le ressort i^4, reprend sa première position; puis le pignon, rencontrant à nouveau la crémaillère, oblige le couteau à faire un demi-tour, et par suite à se présenter en contact avec le cylindre encreur j.

Le mouvement vertical de va-et-vient est communiqué aux bielles J^2 au moyen de deux petites manivelles r, fixées aux extrémités de l'arbre t (fig. 3, 8 et 9), lequel est animé d'un mouvement circulaire alternatif qui lui est communiqué par le levier R, actionné par le levier de manœuvre E′ au moyen d'un goujon fixé à ce levier et engagé dans une longue coulisse (fig. 1). A cet effet, le levier R est fixé à gauche, en dehors du bâti, sur l'arbre t' qui règne, comme celui t, sur toute la lar-

geur de la machine, et reçoit une roue dentée T qui, par l'engrenage intermédiaire T′, commande la roue T^2 fixée sur l'arbre *t*.

Les manivelles *r*, calées vers les deux extrémités de cet arbre pour commander, comme nous venons de le voir, le couteau encreur, sont munies chacune d'un appendice *u* (fig. 8 et 9), formant de même manivelle, pour porter le galet articulé *u′* destiné à agir sur l'extrémité du levier à rochet I, lequel, en s'engageant, comme il a été dit, entre les dents de la roue I′, maintient en place à chaque fraction de tour le rouleau d'appel du papier G′.

On remarque que le galet *u′* n'agit sur le levier I que durant une partie de sa course ; ainsi, tel qu'il est représenté sur le détail fig. 8 et 9, ce galet soulève le levier et le dégage des dents de la roue I′, pour permettre à celle-ci de se mouvoir; puis, arrivé à la fin de sa course, il abandonne le levier, lequel peut alors se remettre en prise dans l'une des dents de la roue. En revenant à son point de départ, il passe sur le dos du levier sans le soulever, grâce au petit ressort *v* qui laisse fléchir son articulation, et il revient dans sa position primitive en s'engageant à nouveau sous le levier qu'il peut alors soulever.

Avant de décrire le fonctionnement des poinçons perceurs, il est bon que nous fassions connaître les dispositions générales de la transmission de mouvement.

Commande principale. — Sur l'arbre moteur D, en dehors du bâti de droite, est montée la poulie folle K, dont le moyeu, comme on le voit fig. 5, est muni d'une denture angulaire pour recevoir les dents de forme correspondante du manchon d'embrayage K′, qui peut glisser librement sur l'arbre moteur auquel il est réuni par la clavette en fer *k*.

Le déplacement du manchon sur l'arbre est produit au moyen de la fourchette *k′*, munie de galets qui pénètrent dans une gorge pratiquée sur la circonférence dudit manchon, et qui est fixée à l'extrémité du petit axe en fer k^2, lequel traverse la machine pour recevoir, du bout opposé le levier K^2 dont le point fixe se trouve sur le bâti de gauche (voir fig. 1). Ce levier est terminé par une manette au moyen de laquelle on opère à volonté l'embrayage ou le débrayage de la poulie.

Sur l'arbre moteur, en dedans du bâti, est encore fixé le pignon K′, qui engrène avec la roue dentée K^3; montée sur l'arbre intermédiaire D′. Celui-ci porte à ses deux extrémités, en dehors des bâtis, les petites manivelles *d′*, au bouton desquelles sont articulées les bielles D^2 reliées par leur autre extrémité aux leviers E E′, qui reçoivent, comme on l'a vu plus haut, un mouvement alternatif circulaire par leur oscillation autour du centre F.

Quand la commande a lieu par la poulie K, alors embrayée, il est bien entendu que c'est le cas du *repiquage* au moyen du Jacquart, et que la machine fonctionne complétement automatiquement, sans le secours de l'ouvrier que nous avons indiqué sur la fig. 1 de la pl. 16.

Dans ce cas, aux deux leviers parallèles sont reliées par des goujons les bielles d^2 qui commandent les petits balanciers e^2, et ceux-ci, par les deux bielles verticales d^3, les longs leviers e^3 qui ont leur point fixe sur l'entablement A' du lisage. A ces derniers sont articulées d'autres petites bielles d^4 qui donnent le mouvement aux leviers e^4, munis à leur extrémité de contre-poids E^4.

Les leviers e^4 sont fixés à l'extrémité de l'arbre horizontal F', qui tourne librement dans des coussinets ménagés sur le côté des deux supports A^4, destinés à recevoir la mécanique Jacquart, et qui, en outre, est muni de deux leviers, lesquels commandent au moyen de deux autres bielles F^2 la griffe de ladite mécanique. En suivant le tracé indiqué en traits ponctués fig. 1, on se rend aisément compte qu'à chaque mouvement ascensionnel ou descensionnel des leviers E E', cette griffe se trouve animée des mêmes mouvements.

Marche et Enroulement du papier percé. — Le papier, en sortant de dessous les poinçons perceurs et marqué par le couteau encré qui le divise par cartons, est, comme on l'a vu plus haut, appelé par le cylindre G', d'où il est dirigé sur le cylindre g^2, qui est garni de papier non collé, afin d'éponger l'encre des divisions, et il se rend de là sur le cylindre en bois G^2, sur lequel il s'enroule.

L'arbre de ce cylindre, dont les tourillons tournent dans des oreilles ménagées de fonte sur les côtés du bâti, porte à l'une de ses extrémités une petite roue d'engrenage l (fig. 1 et 2), qui reçoit le mouvement d'un pignon monté sur l'axe de la poulie à gorge l'; sur le côté de celle-ci est rapportée une roue à rochet dont le cliquet l^2 est mobile sur un prisonnier fixé au bâti. Une petite courroie l^3, attachée d'une part au levier E' et de l'autre à celui L, embrasse une partie de la poulie l', après avoir passé sur un galet de tension.

Il résulte de cette combinaison qu'à chaque mouvement descendant du levier E', la courroie, sollicitée par le levier L et son contre-poids L', glisse sur la poulie l' sans lui communiquer de mouvement, retenue qu'elle est par le rochet l^2; mais quand le levier E' remonte, il entraîne avec lui la courroie l^3; la tension exercée sur celle-ci par le levier L détermine alors sur la poulie une adhérence suffisante pour l'entraîner et faire enrouler le papier sur le cylindre G^2.

Après avoir ainsi montré les relations qui existent entre les cordes du semple pour le lisage et celles du Jacquart pour le repiquage, avec la marche intermittente du papier, transmis soit à l'aide du double levier de manœuvre E E', soit par l'arbre D muni de la poulie motrice, il nous reste à expliquer le jeu des poinçons qui effectuent le piquage.

Piquage du papier. — Les poinçons e chargés de ce travail sont, comme il a déjà été dit, contenus dans une sorte d'étui dont les différentes parties qui la composent sont animées de plusieurs mouvements. La partie inférieure de cet étui forme la matrice ; elle se compose

d'une pièce en fonte M (fig. 3 à 7), ouverte en son milieu pour le dégagement des petites rondelles découpées, et elle est recouverte d'une plaque en bronze M', percée d'un nombre de trous égal à celui des poinçons, et qui forme la matrice proprement dite.

Ces deux pièces sont surmontées d'une autre plaque en bronze M², percée d'un même nombre de trous que celle M', et réunie à celle-ci, aux deux extrémités, par deux plaques d'acier *m* (fig. 7). Au moyen de cet assemblage, les deux plaques en bronze conservent forcément un même écartement pour livrer passage au papier à percer, et sont complétement dépendantes du mouvement de la pièce en fonte M, dont les deux bouts sont ajustées entre des coulisseaux dressés, ménagés de fonte à la face interne des flasques du bâti A.

Ces coulisseaux sont prolongés pour recevoir au-dessus de la matrice la boîte ouverte en bronze N, au travers de laquelle passent les poinçons pour se rendre dans les trous de la matrice. A la partie supérieure de cette boîte sont disposées de petites barrettes en acier *n*, qui, au moyen de deux petits épaulements ménagés à cet endroit de leur longueur, servent de guides aux poinçons.

Ceux-ci traversent ensuite le cadre supérieur en bronze O fixé au bâti et, à cette hauteur, ils sont munis d'un second épaulement au milieu duquel est ménagé un petit talon *o*, destiné à venir buter à un moment donné sur les barrettes en acier *n*, fixées à la partie inférieure de la boîte en bronze N', qui se déplace latéralement dans des coulisses pratiquées à cet effet aux flasques du bâti; la butée des talons *o* n'ayant lieu qu'autant que les poinçons sont descendus dans l'ordre déterminé par le lisage.

Au-dessus de la boîte N' est disposé le cadre N^2, dont le fond est également percés de trous pour le passage des poinçons, lesquels sont encore guidés par d'autres barrettes n^2 fixées à ce cadre.

Les poinçons, qui sont aplatis pour passer entre les trois guides *n*, *n'* et n^2, se trouvent ainsi parfaitement maintenus, ne pouvant tourner sur eux-mêmes dans leurs mouvements ascendants ou descendants.

Voici maintenant comment s'effectuent les déplacements des guides pour retenir les poinçons, et le soulèvement de la matrice pour opérer le piquage du papier.

Aux deux extrémités de la pièce en fonte M, munie de la matrice, sont fixés deux goujons à galets *p* (fig. 7), pénètrant dans la rainure de deux cammes P (fig. 1 et 4) qui oscillent sur les prisonniers L^2 boulonnés au bâti. Ces cammes sont commandées par deux goujons fixés aux leviers E E', et jouant dans une coulisse ménagée auxdites cammes. La forme de la rainure intérieure de celles-ci est combinée de façon que les leviers de manœuvre étant arrivés à la fin de leur course, la matrice se trouve élevée à ce moment de la quantité nécessaire pour opérer le piquage du papier, à l'endroit où les poin-

çons, commandés par le semple, sont venus se présenter à sa surface.

Comme la matrice, la boîte N est mobile verticalement; à cet effet elle est munie à chacune de ses extrémités, en dehors du bâti, d'un boulon prisonnier p' (fig. 7), auquel est relié le petit balancier P′ (fig. 4), qui a son point fixe sur le bâti, et dont l'extrémité est munie de la courte bielle P^2, à œil allongé, dans lequel pénètre un goujon fixé aux leviers E E′, transmettant ainsi directement à la boîte un mouvement ascendant lorsque ces derniers s'abaissent.

A ce moment un petit cliquet à ressort o' vient se placer sous la boîte N, afin de l'empêcher de descendre avant que la camme P ne soit revenue à sa première position, et comme en un point de son développement correspondant à cette position elle est munie du petit talon p^2, celui-ci, en le soulevant, vient dégager le cliquet o', et la boîte N, sollicitée par le balancier P′, peut redescendre et reprendre sa position normale.

La seconde boîte N′, qui porte les barrettes n', doit, comme il a été dit plus haut, se déplacer latéralement pour amener ces barrettes au-dessus des talons o des poinçons, afin de leur servir de butée et les empêcher de remonter sous l'impulsion de la matrice, qui s'élève en présentant à leur action le papier qu'ils doivent percer.

Ce mouvement horizontal de translation est donné à la boîte N′ au moyen d'une pièce à bossage O′ (fig. 4 et 7), fixée à l'une de ses extrémités et sur laquelle vient s'appuyer le galet o^2, fixé à la tige verticale en fer O^2, laquelle est reliée par un boulon au levier E, dont elle suit ainsi le mouvement ascendant et descendant, guidée qu'elle est par des oreilles o^3 rapportées à la partie supérieure du bâti.

A l'autre extrémité de la boîte N′ est fixé un second plan incliné faisant la contre-partie de celui O′, c'est-à-dire que la saille se trouve être justement en rapport avec le creux de l'autre, de sorte que dans le mouvement inverse du levier de manœuvre, les tiges O^2, dans leur déplacement vertical, font glisser inversement la boîte N′, et les barrettes n' qui y sont reliées dégagent les talons o de tous les poinçons tombés par suite de la traction exercée sur les cordes correspondantes du semple, et, ainsi dégagés, ils peuvent remonter pour redescendre ensuite dans un nouvel ordre déterminé par le lisage.

On voit donc que la seule traction produite sur les cordes du semple suffit pour faire tomber les poinçons qui correspondent aux cordes tirées, mais il n'en est pas de même des poinçons qui percent les repères ou trous de *pédonnes* assurant le développement régulier du papier sur le cylindre du Jacquart; comme ils doivent fonctionner à chaque coup, ils faut par conséquent qu'ils tombent et percent à chaque oscillation du levier de manœuvre. Aussi, les poinçons de repère e' (fig. 7) n'ont aucune relation avec les cordes du semple, ils sont par conséquent toujours descendus. Mais, lorsque la passée est faite et que la boîte N remonte, en entraînant tous les poinçons pour les dégager de la matrice, ceux de

repère sont aussi remontés, et ils sont maintenus en place par un cadre en acier q, ajusté à l'intérieur de celui en bronze N^2 (fig. 7), et qui est munie de traverses venant se placer sous l'épaulement supérieur desdits poinçons.

Pour faire tomber les repères il suffit de déplacer d'une très-faible quantité ce cadre q et les traverses qu'il porte. A cet effet, lorsque la pièce N est redescendue et que le levier E est arrivé presqu'à la fin de sa course, la pièce verticale O^2 vient buter sur un petit levier coudé Q, qui a son point fixe sur une petite colonnette Q′ fixée au bâti, et son extrémité articulée à deux oreilles ménagées audit cadre. Sous cette action, celui-ci est repoussé légèrement en arrière, et tous les poinçons de repère sont dégagés et tombent.

Fonctionnement de l'appareil. — Comme il a été dit, la machine à piquer peut fonctionner à bras ou mécaniquement. Elle fonctionne à bras lorsque le dessin à reproduire est lu sur le semple; mais quand il s'agit de repiquer un vieux dessin ou de faire des doubles du même, c'est alors le Jacquart qui fonctionne, et la machine peut marcher d'une façon complétement automatique.

Supposons qu'elle soit actionnée à la main, et suivons les diverses opérations du piquage. Après avoir désarticulé les bielles d^2 afin d'isoler la commande du Jacquart, l'ouvrier se place devant la machine comme nous l'avons représenté fig. 1, et agit sur le mancheron f qui réunit les deux leviers E E′. Un second ouvrier, chargé de tirer les cordes voulues du semple, est placé derrière le premier.

Si nous admettons qu'un certain nombre de ces cordes soient tirées, les poinçons qui y correspondent, abandonnés à eux-mêmes, prendront la position indiquée sur la fig. 7, c'est-à-dire que leur talon o viendra se placer un peu plus bas que les barrettes n'.

A ce moment l'ouvrier abaisse les leviers de manœuvre E E′, la tige O^2, qui y est fixée, conduit son galet o^2 dans la partie creuse du plan incliné O′, pendant que le galet de l'autre côté de la machine rencontre une saillie, ce qui force la boîte supérieure N′ et les barrettes n' qu'elle porte à se mouvoir latéralement; alors ces barrettes viennent se placer au-dessus du talon o des poinçons tombés, et ceux-ci ne peuvent plus remonter avant le piquage complet.

Continuant leur course descendante, les leviers E E′ commandent les cammes P, dans la rainure desquelles sont engagés les galets p de la pièce M qui porte la matrice. Celle-ci exécute alors un mouvement ascendant, et le papier se trouve ainsi en contact avec les poinçons qui le défoncent.

Une fois le perçage opéré, les leviers E E′ descendent d'une petite quantité sans faire mouvoir la matrice. C'est pendant ce temps que la boîte inférieure N est soulevée ainsi que les poinçons tombés, qui reposaient par leur épaulement inférieur sur les barrettes n.

Ce mouvement a pour but de dégager les poinçons des trous de la matrice afin qu'ils puissent remonter plus facilement sous l'action des plombs C (fig. 1), lorsque l'ouvrier, qui tirait des cordes du semple, laisse revenir ces dernières à leur position première, alors que les leviers de manœuvre E E′ sont encore en bas.

Pendant la descente de ces derniers, le petit levier *h* (fig. 3) qui y est attaché, s'est abaissé d'une quantité correspondante, et son cliquet *h′* (fig. 4) glisse sur les dents de la roue à rochet H, de telle sorte qu'en remontant ce levier fait tourner la roue et, par suite, le cylindre d'appel G′ de la quantité correspondante à la largeur d'un carton. C'est aussi pendant la descente des leviers de manœuvre que s'effectue le mouvement de l'encreur mobile, comme on l'a vu plus haut.

Pendant le mouvement ascendant se produit l'enroulement du papier laissé libre par le dégagement du rochet d'arrêt I, qui, jusque-là, était resté engagé dans les dents de la roue I′.

Pour le repiquage, après avoir remis en place les bielles d^2, que l'on avait désarticulées pour la marche à la main, on embraye la poulie K au moyen du manchon K′ (fig. 4 et 5), et l'arbre moteur D peut alors commander les deux leviers E E′; le Jacquart, qui remplace le semple, commande, dans ce cas, les poinçons en laissant tomber ceux correspondants aux trous percés sur le dessin à reproduire.

On obtient ainsi un piquage continu sans temps d'arrêt, et l'on peut, dans un temps relativement très-court, reproduire autant de fois le même dessin qu'il est nécessaire, sans avoir besoin de refaire un nouveau lisage.

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES.

Comme nous l'avons dit en publiant au commencemet de ce volume la nouvelle mécanique Jacquart de M. F. Durand, à papier continu subtitué aux chapelets de cartons, son application, déjà assez répandue, présente un grand intérêt, non-seulement comme régularité dans le fonctionnement et la facilité d'installation, mais encore, au point de vue économique, elle offre des avantages incontestables que les chiffres suivants permettront d'apprécier.

On compte en France 2 à 300,000 métiers qui fonctionnent avec des cartons. Le prix de ces cartons varie de 25 à 80 francs le mille, selon leur grandeur et le genre de fabrication. Dans le tissage des châles riches comme il s'en fait beaucoup maintenant, les dessins exigent jusqu'à 100,000 cartons, aussi quelques maisons importantes en emploient par an pour une somme qui s'élève de 50 à 60,000 francs.

Si, afin d'établir une comparaison, nous prenons un dessin de 600 cartons, par exemple, et pour la moyenne du prix de vente 36 francs le mille, nous trouverons en faveur du papier une différence de 15 francs

de prix de revient par mille cartons, et, relativement au prix de vente la différence sera de 20 fr. 80.

Voici le prix de revient détaillé comparatif.

1,000 cartons de 600.			*Papier remplaçant 1,000 cartons*		
Lisage.	10 fr.	50	Lisage.	10 fr.	[illegible]
Carton.	14	45	Papier.	2	[illegible]
Piquage.	1	50	Piquage.	1	[illegible]
Corde et enlaçage . . .	3	25	. . . .	»	»
Repassage.	»	50	Repassage.	»	[illegible]
Total.	30	20	Total.	15	[illegible]

Donc la différence de prix en faveur du papier est de 15 francs.

Ajoutons que par suite de l'absence de choc du cylindre de la mécanique et du jeu de ses aiguilles, le papier peu durer beaucoup plus longtemps que les cartons, et on sera complétement édifié sur les avantages que présente ce nouvau système, dont plusieurs établissements de premier ordre font maintenant usage.

Nous citerons en particulier la maison de M. Frédéric Hébert et celle de M. Viard, fabricants de châles à Paris, et l'établissement de MM. J. Casse et fils, à Lille (Nord).

MATÉRIEL DES CHEMINS DE FER

PLAQUE-TOURNANTE

A PLATEAU SUPÉRIEUR EN ACIER FONDU

ET A TAMPONS MOBILES DE CALAGE

Système de M. POULET, ingénieur

Construit par MM. PETIN, GAUDET et Ce, maîtres de forges, à Rive-de-Gier.

(PLANCHE 18)

Personne n'ignore l'importance du rôle des plaques tournantes, ou *plates-formes*, dans le service des voies ferrées, où ces utiles organes sont employés au déplacement des véhicules, locomotives ou wagons, soit pour leur faire faire un mouvement complet de conversion, soit pour les changer de voie sans avoir recours aux *croisements* à aiguilles, qui nécessitent naturellement des parcours d'une grande étendue relative. Aussi l'emploi des plates-formes tournantes est-il à peu près aussi ancien que l'invention même des chemins de fer.

Mais, sans que le principe général en ait été changé, le mode de construction de ces plaques mobiles a presque constamment varié depuis l'origine, et il est aisé d'en apercevoir la cause.

Premièrement, au fur et à mesure que les voies ferrées ont pris de l'extension, la quantité de matériel s'est accrue dans un rapport correspondant, et la nécessité de rendre ce matériel durable a été d'autant plus vivement sentie que les causes de destruction, en se multipliant par l'importance toujours croissante du trafic, portaient en même temps sur des organes de plus en plus nombreux.

Ensuite, au lieu de n'avoir à passer sur les plaques que des locomotives légères dont le poids n'excédait pas, il y a quelques années seulement, 15 à 16,000 kilogrammes en ordre de marche, ce poids s'élève aujourd'hui, pour de simples machines à voyageurs, de 25 à 30 et

35 tonnes, sans parler de ces immenses machines à marchandises qui pèsent jusqu'à 40 et 50 tonnes, et tout en ne comptant que sur la partie de leur poids total susceptible de peser à la fois sur une même plaque franchie par un train en marche.

Cette situation devait donc conduire à augmenter la résistance de ces plaques, tout en cherchant aussi à les combiner de façon que les lourdes charges auxquelles elles sont incessamment soumises n'altérassent pas leur faculté d'être facilement mobilisables, manœuvre qui s'effectue le plus généralement à bras d'hommes.

Mais ce n'est pas tout. Dès le moment où le service a exigé encore plus de célérité dans les manœuvres, on en est venu à construire des plaques d'un diamètre tel que l'on puisse tourner une machine et son tender sans les séparer. Cette fois, la force des hommes n'étant plus suffisante, ou cette manœuvre en exigeant un trop grand nombre pour s'effectuer simplement à bras, les grandes plaques ont été armées d'un mécanisme de commande par engrenages et treuil. Enfin, d'immenses plaques, établies au centre ou aux abords des rotondes du chemin du Nord, et recevant les puissantes machines à six essieux accouplés, sont commandées par des moteurs à vapeur adhérents et, par conséquent, exclusivement affectés à ce service.

Avant d'aborder la description du système perfectionné que nous désirons faire connaître, il nous paraît utile de dire quelques mots de ceux qui lui sont plus particulièrement comparables, et dans lesquels la pratique a permis de reconnaître des inconvénients que l'on s'est proposé d'éviter avec ce dernier système.

Ce n'est pas la première fois, dans ce Recueil, que nous nous occupons de ce sujet. Dans le ve volume, nous avons décrit plusieurs systèmes de plaques tournantes, et, entre autres, une grande plaque construite entièrement en tôle par Lemaître. On ne peut affirmer que ce soit précisément ce mode de construction qui a prévalu, nous ne dirons pas à cause de son prix de revient, ce qui ne pourrait être une objection si sa solidité y répondait, mais parce qu'il résulterait au contraire de l'expérience que la trop grande multiplicité des assemblages, à laquelle entraîne nécessairement l'emploi de la tôle, amène assez promptement des dislocations, qui résultent des secousses et des chocs continuels que subit un organe de cette nature. Mais néanmoins il existe une analogie assez sensible, quant au fonctionnement, entre cette plaque et les systèmes en usage aujourd'hui.

L'ensemble d'une plaque tournante simple, autrement dit sans mécanisme de commande, comme celle dont nous allons nous occuper, comprend aujourd'hui :

1° Un plateau mobile reposant sur un pivot et sur des galets, et portant les parties de voies entre-croisées qui doivent venir se raccorder avec les voies fixes;

2° Une plaque de fondation, qui porte le pivot et sur laquelle roulent les galets;

3° Une cuve cylindrique entourant le tout, et servant à la fois de point d'appui aux rails fixes extérieurs et au sol avoisinant.

Dans les systèmes les plus répandus actuellement, les galets qui portent la plaque en sont indépendants; ils sont montés chacun à l'extrémité d'une tige radiale, qui est elle-même rattachée à un collier en fer pouvant tourner librement autour de la borne centrale à laquelle tient le pivot. De cette façon le galet, libre sur sa tige, et pris entre le dessous de la plate-forme et le chemin qui lui est réservé sur la plaque de fondation, ne peut que céder en tournant sur lui-même sans risque qu'il ne glisse et frotte sans tourner. Ce mode de construction (1) a été reconnu préférable à celui qui consistait à monter les galets sur des supports fixés, soit à la plaque de fondation, soit au plateau mobile, et on sait, en effet, qu'avec l'un ou l'autre de ces derniers modes, l'usure se manifestant, les galets ne tardent pas à résister au mouvement circulaire, à partir duquel moment ils ne répondent plus au service que l'on en attend.

En signalant cette modification, qui fut en même temps une amélioration importante de la construction des plaques, nous constatons de suite que, dans le système nouveau que nous allons décrire, on ne l'a pas appliquée, et qu'on est revenu aux galets *dépendants,* mais pour se conformer alors à un ordre d'idées différent.

Dans les dispositions habituelles, la plaque mobile repose à la fois sur les galets et sur un pivot central auquel on donne même une certaine prépondérance, de façon à réduire autant que possible la pression sur les galets, et par conséquent l'intensité du frottement qui constitue la résistance principale au mouvement de rotation. D'après cela la plaque, ne portant bien intimement sur tous les galets que sous l'influence d'une lourde charge stationnaire et capable de la faire fléchir d'une quantité suffisante, il en résulte qu'au passage simple d'un véhicule sur la plaque, celle-ci, ne portant constamment que sur le centre, oscille violemment et éprouve des ébranlements très-destructeurs, ce que l'on remarque d'une façon si manifeste lorsqu'un train franchit les plaques qui se trouvent ordinairement aux abords d'une gare principale.

C'est d'abord sur cette grave objection que reposent les perfectionnements imaginés par M. Poulet dans la construction des plaques tournantes; puis, ayant eu la pensée de fabriquer la partie principale en acier fondu, il ne pouvait confier cette fabrication à de plus experts que MM. Petin, Gaudet et Ce, qui se sont même rendus propriétaires du pri-

(1) Une plaque ainsi construite, et du système de M. Sieber, a été décrite dans le numéro de novembre 1864 du *Génie Industriel*. On a remarqué toutefois cette différence que les galets sont fixes sur leurs tiges, qui tournent alors dans des collets réservés au collier tournant les rattachant à la borne centrale.



vilége de M. Poulet pour l'exploitation et la construction de son nouveau système de plate-forme tournante.

L'examen rapide et général auquel nous venons de nous livrer au sujet de ce genre d'organe, nous rend maintenant plus facile l'analyse des propriétés distinctives du nouveau système actuel.

DESCRIPTION DE LA PLAQUE-TOURNANTE

REPRÉSENTÉE PL. 18.

Ensemble de la construction. — La fig. 1 est une coupe verticale de l'ensemble de la plate-forme toute montée, suivant la ligne brisée 1-2-3 de la fig. 2 ;

La fig. 2 est une projection horizontale, en vue extérieure, de la plaque de fondation et de la cuvette, le plateau mobile enlevé ;

La fig. 3 représente le même ensemble en élévation, la cuvette et la plaque démontées, suivant leur joint diamétral et le plateau mobile réservé en vue extérieure ;

La fig. 4 est une projection horizontale, en vue extérieure, de ce plateau, isolément et dégarni de son parquet ;

Les fig. 5 à 9 sont des vues de détail, dont l'explication est donnée ci-après.

Le plateau mobile est formé principalement d'un croisillon quadrangulaire composé lui-même de quatre fermes entre-croisées A, dont la structure, indiquée fig. 1 et 3, est celle ordinaire des solides dits *d'égale résistance,* à double portée, la partie supérieure constituant les portions de rails qui doivent se raccorder avec les voies fixes. Ce sont ces quatre fermes qui sont en acier fondu et coulées d'une seule pièce, si la dimension générale de la plaque le permet ; dans le cas contraire, on la fait de deux pièces qui viennent se joindre bout à bout sur l'axe, et sont fortement réunies par des éclisses boulonnées *a*. Le moyeu central B est relié, toujours de la même pièce, aux croisillons par deux nervures diagonales C. L'ensemble doit être en deux pièces ; les deux parties du moyeu sont rassemblées par deux frettes en fer *b* (fig. 1).

Comme les deux parties de voies formées par les quatres fermes A doivent être nécessairement interrompues à leurs intersections pour le passage des boudins des roues, ces quatre points sont très-fortement consolidés par des nervures en écoinçon *c*, faisant corps elles-mêmes avec les chapes réservées pour monter les quatre galets D, représentés en élévation et en plan, fig. 1, 3 et 4, et en rabattement fig. 9. On remarque également qu'à chaque entrée de voie, où les rails sont le plus exposés à la fatigue, on a eu le soin de renfler leurs extrémités, bien entendu du côté opposé au passage du boudin.

L'ensemble de la charpente du plateau est complété par un cercle en fer plat E, avec lequel le croisillon est réuni par des boulons et par le

empattements *d* réservés aux extrémités des fermes A. On voit enfin que cette pièce principale porte encore un certain nombre de pattes *e*, destinées à la fixation du parquet.

La plaque mobile a pour point d'appui central un pivot F monté fixe au centre de la plaque de fondation G, laquelle est un croisillon à jour en fonte et en deux pièces, qui repose sur un massif en maçonnerie ; elle porte les divers points d'appui de la plaque mobile, et particulièrement un rail circulaire *f* pour le roulement des galets D. Avec les dimensions actuelles, elle a pu être fondue avec la cuvette H, qui détermine la fosse dans laquelle joue la plate-forme, et porte les huit supports *p* (fig. 2) avec lesquels sont boulonnées les extrémités des rails des voies fixes extérieures. Cette cuvette est donc de la même pièce que le croisillon, moins le quart de circonférence où est installé le mécanisme important dont nous allons parler.

Nous rappelions, en commençant, que le grave défaut des plaques tournantes ordinaires est leur instabilité au passage des trains. Avec le système actuel, l'auteur a eu précisément pour objet d'obvier à cet inconvénient en organisant un mécanisme spécial, à l'aide duquel la plaque mobile puisse être rigidement calée et supportée en tous ses points tant qu'elle n'est pas en service.

Ce mécanisme consiste en huit tampons I assis sur le croisillon de fondation, mais composés chacun d'une base fixe et d'un chapeau mobile, que l'on peut élever à volonté de toute la quantité nécessaire pour qu'il arrive jusqu'à soulever même la plate-forme tournante.

Ces tampons, que les fig. 5 et 6 représentent en détails, en vue extérieure et en coupe, sont composés chacun de deux parties cylindriques emboitées comme des manchons à griffes, et centrées réciproquement par un goujon *g* rivé avec la partie inférieure, qui est armée d'une bride par laquelle l'ensemble du tampon se fixe, à l'aide de trois boulons, au croisillon de fondation, qui possède autant de brides semblables.

Par le tracé géométrique, fig. 7, qui est le développement circonférentiel d'un tampon, on voit que les dents, suivant lesquelles est découpée la jonction des deux parties, sont formées d'un plan incliné et d'un repos horizontal, et qu'elles sont séparées elles-mêmes par de pareils repos. Il résulte évidemment de cette disposition qu'en faisant tourner la partie supérieure du tampon dans le sens de l'inclinaison ascendante des plans inclinés, cette partie s'élève d'une hauteur correspondante à la saillie des dents, et que les deux parties se trouvent de nouveau bien appuyées l'une sur l'autre par les portions horizontales de la jonction brisée.

C'est en élevant ainsi les huit tampons, dont l'élévation totale n'est environ que de 20 millimètres, que l'on arrive à leur faire porter le plateau mobile et à le soustraire à toute espèce d'oscillation ou de vibration, en le rendant aussi rigide que les voies fixes.

Pour opérer cette manœuvre rapidement et avec régularité, la partie mobile des tampons est fondue avec un secteur denté *h* avec lequel engrène une chaîne Galle J ; les huit chaînes semblables sont intimement reliées par des tringles en fer *i* auxquelles on donne la tension nécessaire au moyen de chapes *j* filetées à droite et à gauche; et, enfin, le circuit est complété par une neuvième partie de chaîne Galle, en prise avec un pignon *k* (fig. 1 et 2) appartenant à un bout d'axe vertical par lequel le mouvement est donné, comme nous allons l'expliquer, à tout ce mécanisme.

Cet axe, qui est monté dans une boîte en fonte K réservée à cette partie de la cuve H, porte aussi une petite roue d'angle L avec laquelle engrène un pignon *m* fixé sur un axe horizontal *l*, dont l'extrémité est armée du levier M (fig. 2). Les rapports des mouvements de ces diverses pièces mobiles sont calculés de façon qu'il suffit de *renverser* ce levier, autrement dit de lui faire faire un demi-tour, pour faire tourner les tampons de toute la quantité nécessaire à leur mouvement vertical qui, nous l'avons dit, n'est que d'environ 20 millimètres.

La position représentée fig. 1 et 2 est celle de la plaque *calée*, ou les tampons *élevés*, suivant la disposition indiquée en détail fig. 6.

La fig. 3 correspond à la position contraire, la plaque libre est préparée pour fonctionner, les tampons abaissés, par conséquent, et emboîtés comme sur le détail, fig. 5.

Dans le but de réduire les pièces d'assemblage, et de ramener au même point tous les organes à l'aide desquels les manœuvres s'effectuent, on s'est servi du même axe *l* pour y monter ce que l'on peut appeler le levier *d'encoche* N, qui sert, ainsi qu'on le sait, à arrêter la plaque tournante dans chaque position qu'on lui fait prendre, en la mettant en relation successivement avec chacune des voies au croisement desquelles elle est établie.

Ce levier, qui est libre sur son axe, est disposé pour s'abattre, suivant la position, dans l'une des quatre plaques encochées O, fig. 1, 3, 4 et 8, qui sont fixées sur le cercle en fer E du bâti de la plaque; lorsque celle-ci est chargée d'un véhicule et qu'on lui imprime le mouvement de rotation requis pour arriver à une direction déterminée, le levier N est nécessairement dégagé de l'encoche, et, au moment où la direction est près d'être atteinte, un homme d'équipe laisse retomber le levier, qui traîne jusqu'à ce qu'il rencontre la prochaine encoche, dans laquelle il tombe et arrête la plaque dans la position exacte de raccordement avec la voie fixe où le véhicule doit s'engager.

La construction générale de cette plaque se trouvant expliquée, nous devons faire ressortir certaines particularités importantes, relativement à la manière dont la charge doit être répartie entre ces divers points d'appui, et principalement le pivot et les galets.

Le moyeu B de la plaque forme est un boitard dans lequel se trouve

ajusté un étui cylindrique *n*, qui renferme un certain nombre de rondelles concaves en acier *o*, faisant l'office de ressorts superposés, par l'intermédiaire desquelles le poids entier de la plaque repose sur le pivot F : quatre boulons *q*, agissant sur l'étui comme sur un presse-étoupes, permettent de régler l'élasticité de ces rondelles en les comprimant plus ou moins.

Leur puissance d'élasticité est, en effet, mesurée de façon qu'elle suffise à supporter le poids de la plaque, non calée, et à la tenir assez élevée, hors de charge, pour qu'il reste un jeu de quelques millimètres entre les galets D et la voie *f*, qui leur est réservée sur le croisillon de fondation ; de plus, cette élasticité est suffisante pour que, *sous charge*, ce jeu ne soit pas entièrement absorbé.

Cette condition étant remplie, c'est-à-dire si la plaque, aussi fortement chargée qu'elle peut l'être, repose encore exclusivement sur le pivot, on conserve la douceur nécessaire au mouvement de rotation; et les galets, ne venant à porter sur leur voie que par l'effet de la flexion de la plaque sous les plus lourdes charges, ne sont pas exposés à une détérioration rapide comme lorsqu'ils ont à en supporter la plus grande partie.

Tel est, en résumé, cet appareil qui, sans être plus compliqué que les autres systèmes, nous paraît cependant offrir des avantages sérieux pour la sûreté et l'économie dans l'exploitation des voies ferrées. Il n'est douteux pour personne que le *calage rigide* ne soit une condition maintenant indispensable (1), et quant à l'emploi de l'acier, mode de construction très-praticable pour MM. Petin et Gaudet, grâce aux moyens puissants et perfectionnés dont ils disposent, c'est un progrès qu'on ne saurait qu'encourager.

(1) En publiant le pont tournant d'Abbeville dans le vol. XII[e] de ce Recueil, nous avons montré qu'un procédé de calage rigide lui est appliqué, pour prévenir son oscillation au moment du passage des trains.



CONSERVATION

DES GRAINS, DES FARINES ET DES BISCUITS

Procédés de M. le Dr LOUVEL, de M. DELONCHANT et de M. HAUSMANN père.

En publiant, il y a déjà plusieurs années, dans le XIe volume de ce Recueil, le système de grenier mobile dit *grenier-conservateur*, imaginé par M. H. Huart, de Cambrai, nous avons fait un historique des divers modes de conservation des grains qui ont été successivement proposés, et nous avons pu faire ressortir l'économie et les avantages qu'il y aurait à appliquer ces grands appareils, particulièrement dans les villes de grande consommation et celles qui avoisinent les ports de mer.

Depuis cette publication, plusieurs inventeurs se sont occupés de cette utile et importante question, soit pour en faire des applications industrielles sur une grande échelle, soit afin d'arriver à rendre le procédé assez économique pour devenir applicable même chez le cultivateur. Nous croyons devoir en décrire quelques-uns qui nous paraissent présenter de l'intérêt.

SYSTÈME DE M. LOUVEL.

M. le docteur Louvel paraît avoir étudié la question sous ce double point de vue en cherchant une disposition simple, pouvant s'exécuter à volonté sur des dimensions très-différentes. Ce procédé, qui repose sur l'emploi du vide, a été présenté à M. le ministre de la Maison de l'Empereur et des Beaux-Arts, M. le maréchal Vaillant, qui déjà avait fait adopter, lorsqu'il était ministre de la guerre, le système Huart à la manutention militaire de Paris.

Une commission composée d'hommes spéciaux a été instituée l'année dernière sous sa présidence; elle a examiné avec beaucoup de soin le mérite de cette invention, et après des expériences suivies, qui ont eu lieu à la ferme impériale de Vincennes, elle en a fait connaître les résultats dans un rapport qui vient d'être publié et dont nous extrayons la partie la plus intéressante.

Après avoir rappelé sommairement les essais qui ont été tentés

diverses époques pour la conservation des blés et des farines, et qui n'ont pas été adoptés par les cultivateurs, ce rapport s'exprime ainsi :

La première question qui se présente est celle-ci :

Le procédé de conservation au moyen du vide inventé par M. Louvel est-il efficace? et d'abord, un vide suffisant peut-il être produit et maintenu dans ses appareils?

Pour résoudre ces deux questions, des expériences de longue haleine ont été suivies dans la ferme impériale de Vincennes sous les yeux de la commission, et surveillées, en l'absence de la commission, par l'administration de la ferme. Trois appareils ont été installés, deux en plein air dans la cour de l'exploitation, sans aucune espèce d'abri; un troisième dans un bâtiment dépendant de l'établissement.

Les appareils de M. Louvel sont tout simplement des cylindres en tôle supportés par un trépied en fer ou en fonte. Un trou d'homme, pratiqué à la partie supérieure du cylindre, sert à l'introduction des grains; une trémie disposée à la partie inférieure permet de vider facilement et rapidement le contenu du cylindre. A l'aide d'un manomètre on reconnaît le degré du vide obtenu. Une prise d'air fermant avec un robinet sert à l'aspiration, qui se fait au moyen d'une pompe aspirante et foulante ordinaire.

Disons en passant que cette pompe, dont l'usage n'est pas constant, peut être aisément disposée pour servir en cas d'incendie ou à tout autre usage de la ferme.

La commission, disposant de trois appareils, a pu étudier simultanément trois applications différentes du principe de la conservation par le vide, et l'*application* aux *grains*, aux *farines* et au *biscuit de la marine*. Elle a voulu juger, dans la même série d'expériences, si ce procédé réalisait les deux parties du problème de la conservation, c'est-à-dire s'il empêchait la fermentation et s'il paralysait l'action des parasites.

En conséquence, le 15 juillet 1864, en présence des membres de la commission, présidée par M. le maréchal Vaillant,

On a déposé dans le cylindre n° 1, 50 hectolitres de blé blanc de première qualité acheté quelques jours auparavant à la halle de Paris. On a mêlé à ces blés environ 20 litres de charançons parfaitement vivants. Ce cylindre a été clos et l'air en a été aspiré à l'aide de la pompe, jusqu'à ce que l'aiguille du manomètre ait indiqué que la pression était réduite de 65 centimètres. Le travail de huit hommes pendant 40 minutes a été nécessaire pour faire ce vide.

Le même jour, on a renfermé dans le cylindre n° 2, un tonneau de biscuits de la marine avariés, à demi détruits par les parasites et dans lesquels on a reconnu la présence de vers et de charançons vivants.

On a enfin placé dans le cylindre n° 3, dix sacs de farine de 101 kil. dite du *type de Paris*.

Le vide a été fait partout à 65 centimètres environ.

Depuis cette époque, on n'a plus touché aux appareils.

Le 24 janvier 1865, c'est-à-dire après un intervalle de six mois, la commission a procédé à l'ouverture des cylindres.

Il a été constaté d'abord qu'un vide suffisant s'est maintenu intact pendant cet espace de temps. Les manomètres ont peu à peu baissé jusqu'à ce que la

pression intérieure n'ait plus été réduite que de 35 centimètres et, pendant le cours de l'été, des oscillations ont été signalées dans la marche de l'indicateur; ces oscillations ont été causées par les variations de la température. Quant à la baisse de l'aiguille du manomètre, il faut l'attribuer en grande partie à l'émission de vapeur aqueuse favorisée par la raréfaction de l'air.

Le blé contenu dans le n° 1 a été retrouvé en parfait état. Les charançons étaient complétement détruits. Leur carapace desséchée, écrasée sur du papier blanc, n'y laissait aucune trace humide : le blé avec lequel ils avaient été mélangés par couches alternatives n'avait pas été attaqué par ces insectes. Le grain ainsi conservé était très-sec et offrait un excellent maniement; il a été revendu facilement, à la halle de Paris, dans les premiers jours de février, au cours des qualités de choix, c'est-à-dire 26 fr. les 120 kilos. Une poignée de ces grains, recueillie par MM. Boussingault et Borie, a germé rapidement; le germe n'en avait donc point eté altéré.

L'état d'excellente conservation dans lequel le blé a été retrouvé, a provoqué l'observation suivante : dans l'ensilage, le grain provenant des contrées humides doit être ramené à un certain point de siccité (14 à 15 1/2 pour cent) dans les cylindres de M. Louvel, les grains contenant un excès d'humidité sont ramenés à un bon état par le seul effet du vide. Cet avantage deviendrait important dans les années où l'on récolte avec la pluie, et où l'on est obligé de battre les blés mis en moyettes.

Les biscuits contenus dans le cylindre n° 2 étaient dans le même état qu'au moment où on les y avait mis, c'est-à-dire en mauvais état; seulement les insectes étaient complétement détruits et desséchés.

Les farines du cylindre n° 3 ont été reconnues par les hommes compétents en parfait état de conservation. Panifiées par les soins de M. Doisneau, elles ont fourni un pain de première qualité, qui a été trouvé excellent.

La commission a donc pu constater les résultats suivants :

Le vide se maintient suffisamment et pendant un temps assez long dans les cylindres de M. Louvel.

Ces cylindres sont restés exposés pendant près de sept mois aux ardeurs du soleil, à la pluie, à la neige et à d'assez fortes gelées, cependant le blé qu'ils contenaient a été retrouvé dans un état parfait de conservation et de qualité.

Il en a été de même pour les biscuits et les farines.

Enfin, le charançon a été rapidement et complétement détruit au moyen du vide.

Restait une seconde question à résoudre : la question des frais d'installation et d'entretien.

L'appareil de 50 hectolitres, qui a servi aux essais, a 1m 80 de diamètre sur une hauteur de 2m10. Son volume théorique est de 53 hectolitres 450, et son poids total de 1,400 kilos. Le corps de l'appareil a coûté 840 francs, y compris le droit de l'inventeur; le manomètre et son robinet 65 francs; le robinet de prise d'air 25 francs; transport et montage 70 francs; ce qui porte l'appareil de 50 hectolitres à 1,000 francs.

En calculant l'interêt et l'amortissement de ce capital de 1,000 fr. à 8 pour cent, le prix de revient serait de 1 fr. 60 par hectolitre et par an. Pour des appareils d'une contenance plus grande, le prix diminue; il descend à 1 fr. 12 par hectolitre pour des cylindres de 100 mètres cubes de capacité. A ces prix,

faut encore ajouter la part de l'intérêt du capital engagé pour l'acquisition de la pompe dont le prix peut varier de 300 à 1,200 fr., suivant l'importance de l'exploitation.

Cependant, il est bon de faire observer que ces prix de revient ne peuvent être considérés comme définitifs. Il est probable que la fabrication, en prenant de l'importance, réduirait sensiblement le prix de ces appareils, qui ne laisse pas que d'être élevé et dépasse le prix de revient de la construction des greniers ordinaires de nos fermes.

Les cylindres de M. le docteur Louvel offrent, outre leur propriété de conservation, plusieurs avantages réels : ils peuvent être mis dans une cour de ferme, dans un clos quelconque, sans hangars, sans aucune espèce de construction, une couche de peinture tous les deux ou trois ans devant constituer un entretien suffisant. Le blé, à l'abri de la fermentation, des insectes parasites et des rongeurs, serait encore à l'abri des accidents et des voleurs. Toute chance d'incendie serait écartée, et l'assurance deviendrait dès lors inutile; toute déprédation deviendrait impossible, à cause de la fermeture solide des appareils; enfin la simple inspection des manomètres suffirait pour constater que les appareils sont intacts et qu'un seul grain n'en a pas été distrait.

En résumé, les expériences faites par la commission lui ont permis de constater :

1° Qu'un vide suffisant peut se maintenir pendant six mois et demi et plus dans les appareils du docteur Louvel quand ils sont remplis de blé, de farine et de biscuit.

2° Que le charançon, de tous les parasites du blé le plus difficile à combattre, a été rapidement et complétement détruit dans l'air très-raréfié des appareils hermétiques inventés par M. Louvel;

3° Que pendant les six mois et demi qu'a duré l'expérience, il ne s'est développé dans l'appareil aucun charançon ni parasite d'aucune sorte;

4° Que le résultat n'a pas changé quand l'aiguille du manomètre est descendue à 30 et 35°, et qu'on n'a pas eu besoin d'avoir recours pour produire l'effet désiré à une nouvelle raréfaction de l'air des appareils;

5° Que la conservation des blés, des farines et du biscuit par le moyen du vide a été complète pendant toute la durée des expériences.

La commission estime en conséquence que si le prix de revient de ces appareils ne paraît pas devoir rendre leur introduction avantageuse dans les fermes où le grain est d'une conservation facile en grenier ordinaire, et où la tendance est d'écouler sur le marché les céréales au fur et à mesure que le battage les rend disponibles, il n'en est plus de même dans les exploitations particulières, où la conservation prolongée des grains est considérée comme avantageuse, dans les contrées où l'alucite et le charançon sont de véritables fléaux, ainsi que dans les magasins et entrepôts de grains et farines.

La commission pense enfin que les appareils hermétiques de M. Louvel sont de nature à pouvoir rendre d'utiles services au grand commerce et à la marine marchande pour les transports dans de bonnes conditions, à de grandes distances et par mer des grains et des farines, et aux armées de terre et de mer, soit pour leur approvisionnement de farine ou de biscuit dans les expéditions lointaines, soit pour la conservation de ces denrées alimentaires dans les places de guerre et les forts isolés.

SYSTÈME DE M. DELONCHANT.

M. Delonchant, de son côté, reprenant des études commencées déjà depuis longtemps, s'est occupé de nouveau d'améliorer les procédés en usage; dans une note communiquée à la Société des ingénieurs civils à l'une de ses dernières séances, il résume ainsi les données du problème qu'il s'est posé :

1° De rendre les *greniers ordinaires* capables de conserver les grains sur une épaisseur qui n'a de limite que la solidité même du plancher, en introduisant dans toute l'épaisseur de la masse une circulation abondante d'air, circulation qui peut être plus ou moins activée suivant les besoins, par de simples cheminées d'appel;

2° De disposer l'appareil de manière qu'il soit facilement démontable par le premier venu, afin de n'apporter aucun obstacle aux pelletages que la présence d'insectes granivores peuvent rendre quelquefois nécessaires, et encore qu'il ne puisse servir d'asile à aucune vermine;

3° Enfin d'adopter un système de construction n'entraînant qu'une dépense tellement minime, qu'elle ne puisse être un obstacle pour personne, en même temps que les frais d'entretien soient à peu près nuls.

M. Delonchant croit avoir résolu complétement le problème; car un appareil qu'il a été autorisé à construire dans le dépôt des voies ferrées de la Compagnie générale des omnibus à Sèvres, à titre d'essai, contient à une épaisseur de 1 mètre, que la résistance du plancher n'a pas permis de dépasser, 24 mètres cubes environ d'avoine, qui y ont été placés le 1er novembre 1863, et qui depuis n'ont jamais reçu le moindre pelletage.

Un thermomètre fixé dans la coche d'un long bâton et plongé dans la profondeur de la masse, subit continuellement les mêmes variations que celles qui ont lieu à l'extérieur, quoique les cheminées d'appel qui débouchent dans le grenier même, n'aient que 2 mètres environ de hauteur.

L'avoine emmagasinée était, comme tous les grains de l'année dernière, dans de très-bonnes conditions, ce qui est fâcheux au point de vue de l'expérience, mais les indications du thermomètre ne laissent aucun doute sur la parfaite circulation de l'air à travers la masse, et partout ailleurs dans les autres dépôts les mêmes avoines ont bien exigé un pelletage moins fréquent que de coutume, mais qui n'en a pas moins été nécessaire pour pouvoir être maintenues dans un état convenable.

Le coût de cet appareil revient à très-peu près à 2 fr. par mètre superficiel de grenier utilisé par le grain.

Description de l'appareil. — Il se compose :

1° D'une planche à champ qui, de chaque côté du grenier, isole le grain des murs en laissant un passage pour le service. Ces planches, fixées au plancher par des crampons en fer, sont percées de trous triangulaires dont l'hypoténuse qui est horizontale, a 0m21, et les deux côtés qui sont en haut ont 0m17.

Ces trous dont l'angle du haut, de 90°, est à 0m03 du bord supérieur de la planche à champ, sont distancés d'axe en axe de 0m60, et garnis chacun sur le devant d'un petit grillage métallique simplement cloué;

2° D'une cheminée horizontale, coffre formé d'une planche de fond, de deux planches de côté et d'un dessus à deux pentes à 45 degrés. Cette cheminée pénètre par chaque bout dans une cheminée verticale formée de quatre planches clouées. Son fond est à 0m30 environ au-dessus du sol du grenier, les côtés sont percés en regard de ceux des planches de rive, d'un même nombre de trous de même forme. Chacun de ces trous est garni en dedans d'un cadre formé par des tasseaux de 35 millimètres d'épaisseur sur lesquels sont clouées des toiles métalliques, qui se trouvent par conséquent enfoncées à 0m06 de la surface extérieure des planches de côté.

3° De conduits formés par deux planches clouées, dont la section triangulaire est de la même dimension que celle des trous déjà décrits; ces conduits s'introduisent l'hypoténuse ouverte, tournée par le bas, dans les trous de la cheminée horizontale dans lesquels ils entrent assez avant pour avoir par l'autre bout un revêtement suffisant; mais sans pouvoir atteindre et endommager la toile métallique, leur introduction étant limitée par des tasseaux d'arrêt cloués sur ces conduits, puis ils sont ramenés par un mouvement inverse dans les trous des planches de rive où ils s'arrêtent à quelque distance des toiles par des tasseaux semblables à ceux de l'autre extrémité.

Les trous pratiqués dans les planches de rive, étant plus bas que ceux qui leur correspondent dans la cheminée horizontale, les conduits sont placés suivant une pente longitudinale qui, en facilitant le cours de l'air, les maintient bien en place.

Le tout est construit en planches de sapin de Lorraine brutes, sans ajustement et simplement clouées, de sorte que la façon de ces appareils est au plus bas prix qu'on puisse atteindre.

Le talus naturel de l'avoine est à peu près de 45 degrés, de sorte que chaque conduit formerait dans la masse un vide dont la section serait un carré parfait, si le grain était versé avec autant de précaution dans l'appareil; mais il n'en est pas ainsi; jeté avec plus ou moins de force, le talus ne se produit pas habituellement sous les conduits, de sorte que la section vide n'est réellement qu'un triangle dont l'aire est très-suffisante encore pour un grand écoulement d'air.

Les planches de rive et les cheminées sont fixées à demeure, les petits conduits sont mobiles et sont déposés en tas lorsque le grenier est vide de grains, pour être placés un à un lorsqu'il s'agit de remplir le grenier, chaque conduit devant toujours être mis en place avant que le talus formé le grain n'ait atteint les trous dans lesquels ils doivent être introduits.

Lorsqu'il faut vider le grenier, on déplace successivement ces pièces au fur et à mesure qu'elles font obstacle à la pelle.

SYSTÈME DE M. HAUSMANN PÈRE.

Ce système a pour objet de conserver les denrées dans de grands récipients, où l'atmosphère ambiante est remplacée par une atmosphère privée d'oxygène, et de mettre ainsi ces denrées à l'abri de toutes les altérations dont ce gaz énergique est le principe par l'action puissante qu'il exerce sur la plupart des corps qu'il désorganise plus ou moins pour en former de nouveaux.

L'appareil qui permet d'obtenir ce résultat est un silos mobile en tôle de fer, placé verticalement sur le sol; il a 6m35 de hauteur et 3m50 de diamètre; il peut contenir 600 hectolitres de blé. Un trou d'homme, pratiqué au sommet de la calotte du cylindre, fermé d'une plaque, sert à l'introduction du grain, qui tombe sur un double fond formé de feuilles de tôle mobiles, percées de trous et recouvertes d'une toile métallique en fil de fer galvanisé, à mailles suffisamment serrées pour retenir le blé. Ce double fond repose à 4 centimètres de distance du fond du silos, sur des rangées de tasseaux mobiles, assez espacées entre elles pour laisser une libre circulation à l'air, appelé dans cette partie par un appareil aspirateur.

Un robinet à raccord en bronze, plongeant dans une cavité, est placé à l'extrémité inférieure de la paroi du cylindre pour aider à l'extraction des gaz aspirés. Un robinet semblable est disposé au sommet de la plaque de fermeture du trou d'homme, laquelle se ferme hermétiquement avec des boulons à écrous. C'est par ce robinet que s'introduit dans le silos l'azote produit par la désoxygénation de l'air atmosphérique, et que viennent successivement remplacer les gaz extraits par l'aspirateur.

Enfin, un second trou d'homme est pratiqué à la partie inférieure de la paroi du silos, à une hauteur suffisante pour que l'extrémité de son ouverture se trouve un peu au-dessous du double fond. C'est par ce trou d'homme qu'a lieu l'écoulement naturel du blé, dès que la plaque de fermeture est ouverte et qu'on veut vider le silo.

MOTEURS A VAPEUR

MACHINES A ROTATION DIRECTE

DU SYSTÈME A DISQUE

Par M. MOLARD; ingénieur mécanicien, à Lunéville.

(PLANCHE 19)

Bien des fois, dans le cours de ce Recueil, nous avons cité des exemples d'application du système de machine à vapeur désigné sous le nom de *machines rotatives* où *à rotation directe*, mais c'est la première fois que nous entreprenons de représenter et de décrire en détail l'un de ces types, dont aucun ne peut d'ailleurs être considéré encore comme véritablement acquis au domaine de l'industrie. La mention la plus importante que nous ayons faite des machines dites rotatives se trouve dans le tome 2e de notre Traité des Moteurs à vapeur où nous ne nous sommes attaché, néanmoins, qu'à faire connaître les types qui nous paraissaient résumer le plus exactement possible les nombreuses tentatives faites, même depuis Watt, en vue d'arriver à un résultat satisfaisant pour l'application et l'emploi de ce système particulier de moteur.

Parmi les quelques dispositions différentes que nous avons décrites dans ce traité, on a pu remarquer le tracé géométrique d'une machine à rotation directe, que ses auteurs, MM. Bishop et Rennie, ingénieurs anglais, ont appelée *machine à disque*, (disc engine), et qui se distingue des autres machines dites rotatives, dans lesquelles l'organe qui reçoit l'action motrice immédiate de la vapeur est animé lui-même du mouvement rotatif qu'il est appelé à transmettre extérieurement.

Dans la machine à disque le mouvement du récepteur est *oscillatoire* et ne fournit réellement la rotation utilisable qu'en deuxième mobile; mais cependant l'ensemble offre la plus grande simplicité à laquelle il semble possible d'arriver, car ce récepteur est son propre distributeur et dispense de tous les organes généralement quelconques, qui dans

toutes les autres machines, à rotation directe ou non directe, sont indispensables pour régler l'admission et l'échappement de la vapeur.

De nombreuses tentatives ont été faites en Angleterre pour arriver à la propagation de ce système, qui offre toutes les qualités propres à son emploi pour la navigation à hélice, par l'extrême réduction de son volume et de son poids.

Mais en raison de certaines difficultés inhérentes aux détails de sa construction, difficultés qui n'avaient pas apparemment été surmontées, ces essais n'ont pas été couronnés de succès : nous dirons même qu'ils ont eu fort peu de retentissement chez nous. On ne s'étonnera donc pas lorsque nous dirons que M. Molard, mécanicien à Lunéville, a réédifié la machine à disque sans avoir eu connaissance des essais anglais, mais alors avec des moyens nécessairement différents qui, nous l'espérons, lui permettront de réussir là où d'autres ont échoué.

Nous choisissons, comme premier exemple, pour faire connaître les travaux de M. Molard, un type dans lequel deux appareils simples, mais de dimensions différentes, sont conjugués suivant le mode désigné sous le nom de Woolf, c'est-à-dire pour utiliser la détente de la vapeur qui travaille d'abord à pleine pression dans le plus petit et se rend ensuite dans le second où elle agit en se détendant. Cette machine est nécessairement pourvue d'un appareil de condensation dont la pompe est aussi l'application du système à disque dans cet autre mode d'emploi.

Nous décrivons ensuite une très-curieuse disposition par laquelle le même moteur est réduit aux proportions d'une simple poulie.

DESCRIPTION DE LA MACHINE DOUBLE

REPRÉSENTÉE FIG. 1 A 5, PL. 19.

Disposition d'un appareil simple. — L'ensemble de cette machine est représenté en élévation, fig. 1re, l'un des deux appareils moteurs en vue extérieure, et l'autre en coupe longitudinale, ainsi que l'appareil de condensation et la plaque de fondation. Comme les deux appareils moteurs sont identiques, sauf leurs dimensions respectives, nous nous attacherons particulièrement à la description de l'un d'eux, après quoi il sera facile de faire comprendre leur relation qui réside dans la communication établie entre eux pour les actions successives de la vapeur à pleine pression et à détente.

Ainsi que le montre la figure, l'appareil représenté en coupe, et qui permet par conséquent l'examen de la structure intérieure, est le plus grand des deux, celui qui travaille au moyen de la vapeur d'échappement. Cet appareil, ainsi que l'autre, se compose d'une boîte annulaire en fonte A', formée de deux moitiés ou coquilles emboîtées et boulonnées, et dont le vide intérieur, qui doit être très-exactement

tourné, offre, comme structure générale, une zone circonférentielle sphérique raccordée, par deux gorges demi-circulaires, avec deux nappes coniques qui ont un sommet commun. Cette boîte, qui sera le *cylindre* de ce système particulier de machine à vapeur, renferme un plateau ou *disque* en fonte B', qui coïncide très-exactement par son noyau central sphérique avec les ouvertures circulaires que présentent les parois coniques de la boîte, et, par son contour extérieur, avec la paroi circonférentielle de cette dernière.

Ce disque est le *piston* moteur, ou mieux le *récepteur* sur lequel la vapeur développe sa puissance motrice. Par une disposition d'orifices que nous allons faire connaître, la vapeur est introduite dans la boîte A', agit alternativement sur chacune des faces du disque, qui est complétement libre dans la boîte, et ce dernier prend un mouvement oscillatoire qui a pour effet de l'amener successivement en contact, par chacune de ses génératrices radiales des deux faces, avec celles des deux nappes coniques constituant les deux parois latérales intérieures de la boîte.

Dans ce mouvement du disque, l'axe C', qu'il porte implanté perpendiculairement en son centre, décrit un cône qui a le même sommet que les parois latérales de la boîte A', et dont la base est géométriquement le cercle engendré par le bouton d'une manivelle D', monté sur l'extrémité de l'arbre de couche E. C'est sur cet arbre, qui reçoit ainsi un mouvement circulaire continu, que l'on fixe les organes, poulies ou engrenages, à l'aide desquels on transmet le travail de la machine.

Avant d'aller plus loin, nous devons faire connaître de suite la disposition qui permet de faire arriver la vapeur dans la boîte, en se conformant à son mode d'action sur le disque moteur.

En jetant particulièrement les yeux sur la figure 2, qui représente en vue de face ce disque dans la boîte, dont l'une des deux moitiés est démontée, et sur la figure 4, qui est une section horizontale de ce disque suivant la ligne 1-2, on voit qu'il est traversé par une cloison F', rapportée fixe dans la boîte, et qui, en vertu d'un mode de jonction spécialement approprié à cette fonction, ne gêne en rien le mouvement oscillatoire de ce disque. La cloison se trouve placée juste entre deux lumières *b'* et *c'*, constituant respectivement le débouché dans la boîte du conduit *c* qui amène la vapeur, et de celui par lequel elle s'échappe après avoir terminé son action motrice.

Il est plus facile de concevoir l'action finale de la vapeur sur le disque que d'en suivre les différentes phases pas à pas.

Le disque se croisant avec la cloison fixe F', qui est parallèle aux orifices *h'* et *c'*, il en résulte que les deux faces se trouvent simultanément en rapport avec les milieux d'introduction et d'échappement, mais suivant les deux parties de son étendue, séparées par les contacts avec les parois coniques de l'enveloppe A', lesquels contacts doivent empêcher incessamment la communication d'un milieu à l'autre, et suivant des

parties de surface inégales, sans quoi il n'y aurait pas d'action motrice.

Si, par exemple, nous choisissons comme point de départ la position représentée fig. 1, où le disque est exactement perpendiculaire à la cloison, et la manivelle D', *au bas du cercle qu'elle décrit*, on reconnaît qu'en cet instant l'une des faces du disque, celle du côté de l'axe C', est régulièrement soumise, par moitié, à l'action de la vapeur et au vide du condenseur, tandis que la face opposée confine un volume de vapeur qui n'est en relation avec aucune issue extérieure : la même situation se reproduira évidemment, mais en sens contraire, lorsque le disque sera incliné de l'autre côté, ou *la manivelle en haut de son cercle.*

Entre ces deux positions, où le disque est perpendiculaire à la cloison, il prend évidemment différentes positions inclinées, parmi lesquelles il s'en trouve deux principales où il forme avec cette cloison le plus grand angle, soit lorsque *la manivelle est exactement horizontale,* en conservant les rapports de position sur notre figure. Si nous prenons ces deux positions régulières comme exemple de ce qui se passe entre celles extrêmes que nous examinions tout à l'heure, nous remarquons ce qui suit :

Les deux contacts sont en ce moment dans un plan perpendiculaire à la cloison ; l'une des deux faces du disque est soumise, par les trois quarts, à la vapeur active, et, par un quart, au vide du condenseur ; l'autre face est dans des conditions symétriques inverses, c'est-à-dire trois quarts soumis au vide et un quart à la vapeur.

Et, finalement, la quantité totale de travail développé n'a pas une base différente que dans les machines à cylindre : elle correspond au volume même de vapeur dépensé, soit, par tour, au volume même du vide de l'enveloppe ou boîte A'.

COMBINAISON DES DEUX APPAREILS. — Ce qui précède s'applique aussi bien à cet appareil, en le supposant disposé, comme nous venons de le faire, pour fonctionner isolément et pour recevoir directement la vapeur de la chaudière, qu'en lui restituant sa destination réelle, qui est de fonctionner avec la vapeur s'échappant de l'appareil plus petit avec lequel il est connexé par le même arbre de couche E. Il nous suffit donc de dire, pour faire connaître le petit appareil qui travaille directement avec la vapeur fournie par le générateur, qu'il est absolument semblable au précédent, sauf les dimensions qui sont plus faibles, suivant le rapport de leurs volumes respectifs qui sont calculés pour une détente déterminée. Mais il reste à décrire le mode de relation d'un appareil à l'autre, quant à la circulation de la vapeur.

Le petit appareil joignant avec la plaque H dans les mêmes conditions que le grand, possède aussi deux lumières *b* et *c* (même disposition que celles *b'* et *c'*), qui coïncident avec deux orifices de la plaque ; l'un correspond à une tubulure à laquelle s'adapte le conduit I communiquant avec le générateur, et l'autre est le débouché de ce canal *c²* appartenant à la plaque, qui, contournant le boitard central, passe d'un

côté à l'autre de l'axe longitudinal, et correspond, en résumé, par son extrémité opposée, à cette lumière b' que nous avons dit être celle d'introduction dans le grand appareil : en deux mots, le canal c^2 réunit directement la lumière d'échappement du petit appareil avec la lumière d'introduction du grand.

Cette condition, qui est conforme aux fonctions ordinaires des machines à deux cylindres, dites de Woolf, répond ici au même objet. La vapeur, arrivant de la chaudière par le tuyau I, est introduite dans le premier appareil et y travaille, à pleine pression, en passant par les phases analysées ci-dessus; s'échappant ensuite par l'orifice c, elle suit le canal c^2, est introduite dans le grand appareil, par l'orifice b', y travaille en se détendant, s'échappe enfin par l'orifice c', et parvient au condenseur par le conduit J. Il est presque superflu d'ajouter que cette combinaison exige que les deux disques attaquent l'arbre E symétriquement, c'est-à-dire qu'ils restent, ainsi que leurs axes C et C', constamment parallèles.

Détails de construction des appareils moteurs. — Chacune des boîtes A ou A' est formée de deux coquilles en fonte qui sont emboîtées à drageoir et boulonnées. L'une des deux coquilles reste exactement circulaire et complétement libre, de façon à pouvoir être démontée, comme le couvercle d'un cylindre, sans rompre l'assemblage général; l'autre est, au contraire, armée d'un patin à nervures par lequel elle est boulonnée sur la plaque; et, comme c'est évidemment dans cette partie fixe que sont ménagées les lumières à mettre en rapport avec les canaux de la plaque, cet assemblage forme très-exactement joint.

Les deux parties de la boîte sont accompagnées, comme le dessin l'indique, de deux tubulures centrales, dont l'intérieur est alésé pour recevoir les coquilles ou coussinets en bronze dans lesquels roule le disque; ces deux coquilles sont poussées à joint par deux grands ressorts à boudin e, dont l'un prend son point d'appui sur une simple bride pleine et fixe k' qui ferme exactement la tubulure. Mais du côté opposé, la bride est remplacée dans cette fonction par un manchon conique G ou G', dans lequel joue l'axe C' du disque, ce qui peut avoir pour avantage sérieux, en renfermant cette partie du mécanisme, de ne laisser d'apparent que l'arbre moteur, en fait de pièces en mouvement.

Le principal rôle de cette pièce G' étant néanmoins de porter l'un des supports de l'arbre E, on voit que le cône est fondu avec un patin par lequel il prend directement son point d'appui sur la plaque de fondation, indépendamment de son boulonnage avec le corps A de l'appareil. Le corps du palier i, fig. 1 et 3, est fondu avec l'une des deux moitiés du couvercle h, que des exigences du montage ont conduit à faire en deux parties, lesquelles sont d'ailleurs très-exactement emboîtées sur l'ouverture du cône et fixées par des boulons.

Ce groupe, formé d'une boîte réunie avec le cône G' et l'ensemble

boulonné sur la plaque, forme un tout très-solide, et l'alignement des deux appareils est rendu ainsi parfaitement invariable.

Le disque moteur est, comme on l'a vu, un plateau en fonte dont les faces sont tournées coniques, à partir de la sphère qui en occupe le milieu. Sa circonférence devant joindre incessamment avec la surface sphérique de la boîte, on ne pouvait se dispenser de recourir au mode de jonction élastique usité avec les pistons ordinaires. A cet effet, on a garni cette circonférence d'un segment en acier *f*, qui se trouve logé dans une gorge dont la largeur est rendue suffisante, sans augmenter la masse du disque d'autre chose que deux rebords arrondis pour lesquels il a fallu seulement réserver à la boîte à vapeur des gorges correspondantes. La liaison de l'axe C′ du disque avec la manivelle I est opérée par simple entraînement. La manivelle est une sorte de plateau en fer présentant un enfourchement dans lequel est ajusté un demi-coussinet en bronze *j*, pour recevoir l'extrémité de l'axe C′ qui se trouve librement engagé.

Pour compléter ce qui concerne le disque, nous avons à faire connaître le mode ingénieux imaginé par M. Molard pour effectuer la jonction parfaite de ce disque avec la cloison séparative F′, qui remplit un rôle si important dans ce genre de machine, et sur laquelle le disque opère un roulement continuel.

Ainsi que le montre particulièrement le détail fig. 5, la cloison F traverse à frottement doux, mais plein, une douille en bronze *g* ajustée dans les mêmes conditions, dans le disque B′; la forme extérieure de cette douille est conique, et a pour sommet celui même du panneau du disque et des parois intérieures de la boîte A′, soit le centre même d'oscillation. En fait, la douille est emportée avec le disque et frotte sur la cloison, et, en même temps, le disque, en oscillant, frotte sur la douille. Ce que l'on recherchait, en adoptant cette disposition, c'est que les surfaces de contact eussent une étendue suffisante pour assurer l'étanchement des milieux que la cloison sépare, de façon à éviter les fuites de vapeur de l'un dans l'autre.

La puissance de la machine est donc recueillie directement sur l'arbre E, à l'aide d'une poulie L ou d'un engrenage, suivant le cas; un volant n'est pas nécessaire, quant au moteur lui-même, attendu que par le mode d'action de la vapeur sur les disques, il n'existe pas de variations dans les efforts comme avec la transformation du mouvement rectiligne alternatif en circulaire continu : néanmoins, le poids de la poulie elle-même pourrait être au besoin déterminé de façon à former volant.

Condenseur avec pompe a air a disque. — On pourrait appliquer à cette machine une pompe à air ordinaire, dont le piston serait commandé par un excentrique monté sur l'arbre moteur E; mais on a voulu montrer ici l'emploi du système à disque comme pompe. Cette application donne lieu, d'ailleurs, à une disposition générale de condenseur qui n'est pas

dénuée d'intérêt. Les dimensions le permettant, l'ensemble du condenseur est fait d'une seule pièce en fonte présentant une première capacité cylindrique M, pour le condenseur proprement dit, accolée à un corps N d'un plus grand diamètre formant la bâche et dans lequel se trouve installée la pompe.

Cette pompe, qui est composée d'une boîte O et d'un disque P, comme les appareils moteurs, est aussi formée de deux coquilles, dont l'une est fixée, par une bride extérieure, sur un rebord *r* appartenant à la bâche, et joignant exactement de manière à déterminer au-dessous d'elle une chambre qui n'a de communication qu'avec le condenseur, par un conduit *m*, et avec l'intérieur du corps O par un orifice figurant celui d'introduction dans les appareils moteurs, comme les précédents; le corps de pompe est aussi en relation avec la bâche, par la coquille supérieure, au moyen de la tubulure *n*, qui est disposée, par rapport à la cloison séparative intérieure et à l'autre orifice, comme la lumière d'échappement des appareils à vapeur; ces deux communications sont armées des clapets *o* et *p*, bien qu'on puisse s'en passer avec le système à disque, mais qu'il est prudent de réserver à ces pompes spéciales qui doivent fonctionner avec sûreté et sous une faible pression.

Le disque P, dont la construction et la disposition dans la boîte sont semblables à ce qui a été décrit ci-dessus, est aussi muni d'un axe Q, qui est relié, par la manivelle R, avec l'arbre vertical S, lequel reçoit son mouvement de l'arbre de la machine, par la paire de roues d'angle T et T′. Afin de compenser les irrégularités qui peuvent survenir ou préexister entre la machine et le condenseur, qui n'ont pas une base commune immuable, l'arbre S est formé de deux parties rassemblées par un manchon brisé S′; la partie supérieure est maintenue par un boitard ménagé au centre de la plaque H, et l'autre partie traverse, en s'y reposant, une douille *q* ajustée dans un chapeau *r*, fixé sur la base supérieure d'un manchon conique *s*, disposé comme celui des appareils moteurs. Mais ce manchon, qui n'est qu'un simple support, est à jour, afin que l'eau de la bâche puisse pénétrer dans son intérieur et que toutes les jonctions de la pompe soient complétement noyées. Comme il n'est relié au corps de pompe que par sa petite base, et que cet assemblage a besoin d'être fermement soutenu contre les efforts latéraux, ce manchon est embrassé par une couronne *t*, circulaire comme l'ouverture de la bâche, et qui s'y emboîte à drageoir comme un couvercle.

Cette couronne peut donc être facilement retirée au besoin, pour visiter l'intérieur de la bâche ou pour un démontage quelconque, et, pour faciliter toute opération du même genre, on a eu le soin de faire le chapeau *r* en deux parties rassemblées par des boulons.

Modification de la machine précédente. — La machine que nous venons de décrire peut être modifiée, ainsi que M. Molard l'a fait, en rap-

prochant les deux appareils l'un de l'autre et en reportant l'arbre de couche et les organes qu'il porte extérieurement.

D'après cette autre disposition, les deux disques sont reliés immédiatement par leurs axes C et C', et celui C', du grand appareil traversant la sphère de part en part, vient transmettre la somme du travail développé dans les deux appareils à l'arbre de couche, qui se trouve, comme nous venons de le dire, reporté extérieurement, et par le mode de liaison indiqué sur la machine fig. 1.

Le rapprochement immédiat des appareils a pour avantage de réduire le développement du conduit de vapeur par lequel ils communiquent entre eux, ce que l'on recherche dans toutes les machines à cylindres combinés suivant le procédé de Woolf; il permet aussi d'appliquer un jeu de robinets à double voie, au moyen desquels M. Molard s'est proposé de renverser le sens de la marche, à volonté. Mais il fait perdre cette condition favorable de répartir, à peu près également, les efforts aux deux extrémités de l'arbre de couche, et reporte, au contraire, l'effort total sur l'axe du disque du grand appareil qui transmet la puissance totale de la machine et doit être proportionné en conséquence.

Le condenseur est également susceptible de se prêter à une modification importante. Le corps de pompe étant placé dans la même position que les appareils moteurs, il est compris entre deux cylindres horizontaux, dont l'un forme le condenseur et l'autre la bâche; l'axe du disque peut être commandé, alors, par l'arbre de couche, à l'aide de poulies ou d'une paire d'engrenages droits.

DESCRIPTION DE LA MACHINE-POULIE

REPRÉSENTÉE FIG. 6, PL. 19.

Cette figure représente, en section longitudinale, ce type remarquable dont nous parlions en commençant, et dans lequel l'enveloppe du disque est rendue mobile, et se trouve toute prête à transmettre le mouvement obtenu à l'aide d'une courroie, ou par une disposition d'engrenages en armant de dents le pourtour même de cette enveloppe.

L'ensemble de la machine présente, extérieurement, l'aspect d'un arbre portant une poulie en son milieu et reposant sur ses deux paliers; mais la poulie n'est autre chose que la boîte à disque, toujours composée de deux coquilles A, emboîtées et boulonnées, et fondues avec des portées cylindriques D, formant des tourillons E qui tournent dans les paliers H. Les portées et les tourillons constituent un arbre creux qui est en rapport, par l'une de ses extrémités, avec le tube I, par lequel la vapeur est amenée dans l'appareil, et par l'autre extrémité, avec le tube d'échappement J. Ces deux tubes sont introduits profondément dans l'arbre, et, afin d'empêcher toute fuite, les entrées sont armées de garnitures avec bouchons presseurs G.

Le manchon sphérique du disque B est traversé par un axe C, dont les extrémités sont engagées dans des entailles circulaires pratiquées dans les bouts des tuyaux I et J qui sont *fixes*, c'est-à-dire arrêtés extérieurement de façon à ne pas partager le mouvement de rotation que l'ensemble de la machine doit prendre; la sphère est creuse et présente toutefois deux chambres complétement distinctes, déterminées par une cloison disposée suivant l'axe C, qui traverse cette sphère. Ces deux cavités se trouvent respectivement en communication par deux séries de petits trous comme ceux *a*, avec les conduits I et J d'introduction et d'échappement de vapeur; ces deux chambres sont, en outre, munies chacune de deux orifices *b*, débouchant, de chaque côté du panneau du disque, dans le vide de l'enveloppe A et de chaque côté de la cloison F.

Si nous ajoutons ensuite que cette cloison est, comme dans l'autre machine, solidaire de l'enveloppe A, et qu'elle joint avec le disque dans les mêmes conditions que précédemment, il nous sera facile de faire comprendre maintenant la marche de celle-ci.

La vapeur introduite dans le vide de la boîte A, en traversant la sphère du disque, exerce sur ce dernier et sur la cloison F les mêmes efforts que dans la précédente machine; mais les mouvements produits doivent être différents, puisque le disque n'est plus libre d'osciller, et que la cloison appartient à un corps qui est, au contraire, libre de céder en tournant sur lui-même d'après son axe monté sur les paliers H.

C'est, en effet, le corps A qui prend un mouvement de rotation sur lui-même, en entraînant avec lui le disque B qui est pris par la cloison. Mais le disque ne peut exécuter de mouvement rotatif que d'après son axe C, qui forme un certain angle avec celui de la boîte A; il s'ensuit que ces deux organes, tournant dans deux plans différents non parallèles, les contacts entre le disque et les parois intérieures de la boîte se déplacent comme dans l'autre disposition, et que les orifices doubles *b*, se trouvant démasqués alternativement à chaque demi-tour, les deux parties du vide en rapport avec chacune des faces du disque sont aussi alternativement en rapport avec l'admission et avec l'échappement.

A l'appui de ce qui précède, la fig. 6 montre que l'un des deux orifices *b* est démasqué et communique, en ce moment, avec la partie supérieure du vide, tandis que l'autre est masqué par la garniture *c*, et par conséquent sans effet. Mais dans un demi-tour, ils occuperont tous deux la partie inférieure, et celui qui est maintenant masqué sera démasqué, *et vice versâ*. De plus, cet orifice *b*, appartenant, par exemple, à la cavité de la sphère qui est en relation exclusive avec l'échappement, c'est à cette phase que correspond la position indiquée pour la partie supérieure de l'appareil, et l'échappement s'effectue, en effet, dans cet instant, par les deux orifices *b* et *a*, et par le conduit J.

Telle est cette ingénieuse disposition, qui atteint peut-être à la plus grande simplification connue des machines à vapeur. Le constructeur

fait observer encore que, sans rien lui ajouter, on peut la faire tourner indifféremment dans un sens ou dans l'autre, rien qu'en renversant le rôle des conduits I et J d'introduction et d'échappement.

Nous avons dit que, pour les appareils doubles, comme celui représenté fig. 1, le renversement de la marche peut être également obtenu à l'aide de robinets à double voie; mais il faut, dans ce cas-là, un organe de renversement qui permette de maintenir le sens de rotation de la pompe du condenseur, lorsqu'elle est à disque, ses orifices ne pouvant être intervertis.

Suivant la disposition fig. 1, il suffirait de monter deux roues d'angle, comme celle T, sur l'arbre, et que l'on ferait agir séparément, suivant le sens dans lequel la machine devrait tourner.

M. Molard s'occupe sérieusement de ce système de machine auquel il apporte chaque jour de nouvelles améliorations, et d'après les résultats obtenus dans ses ateliers de Lunéville, il a l'espoir d'en tirer un parti avantageux. Il peut, en effet, exécuter des machines de ce genre et ne pesant pas 100 kilog. par cheval, et par conséquent les livrer à des prix de beaucoup inférieurs à celui des machines à cylindres ordinaires.

Nous terminerons cette description par quelques notions sur les dimensions et conditions de marche de ces machines, et sur les moyens d'en calculer les proportions.

CALCULS RELATIFS AUX MACHINES A ROTATION DIRECTE

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 1 A 6, PL. 19.

La méthode à suivre pour calculer le travail de la vapeur dans ce genre de machine est la même que pour les machines à cylindre ordinaires, ce travail devant correspondre au *volume de vapeur dépensé* à l'unité de temps, d'après sa pression et le régime de l'admission. Nous avons vu que chaque tour de l'arbre, résultant du mouvement oscillatoire du disque, correspond à une dépense effective de vapeur égale au vide de la boîte dans laquelle ce disque se meut : il faut donc pouvoir évaluer ce volume pour arriver à l'estimation du travail théoriquement développé.

La machine représentée fig. 1 est basée sur les dimensions et conditions de marche suivantes :

Diamètre du petit disque	0m,450
Diamètre du mamelon sphérique . . .	0 ,200
Diamètre du grand disque	0 ,770
Diamètre du mamelon sphérique . . .	0 ,300
Angle d'oscillation	24 degrés.
Nombre de tours par minute	60
Pression de la vapeur	4 atmosphères

Ainsi qu'il résulte de la structure même de ces appareils, et comme le montre le tracé géométrique fig. 4, le volume du vide de chaque boîte est déterminé par un solide annulaire ayant pour limite extérieure la surface d'une zone sphérique engendrée par le disque, pour limite intérieure, le manchon central, également sphérique, et pour faces circulaires, deux nappes coniques correspondant à l'angle d'oscillation.

Si nous désignons par :

R — le rayon du disque; a — l'angle d'oscillation;
r — le rayon du mamelon central; D — le volume du vide;

nous trouvons que ce volume a pour mesure :

La surface de la zone sphérique extérieure multipliée par le tiers de son rayon, moins le produit de la surface de la zone sphérique intérieure par le tiers de son rayon.

Si, par exemple, nous désignons par S et par s les surfaces des deux zones qui ont R et r pour rayon, nous aurons pour première expression du volume cherché :

$$D = S\frac{R}{3} - s\frac{r}{3}.$$

Mais, d'ailleurs, ces deux volumes sont entre eux comme les cubes de leurs rayons, comme solides semblables, c'est-à-dire que :

$$s\frac{r}{3} = S\frac{R}{3} \times \frac{r^3}{R^3} = S\frac{r^3}{3\,R^2}.$$

Substituant à s cette seconde valeur dans l'expression précédente, il vient :

$$D = S\frac{R}{3} - S\frac{r^3}{3\ R^2} = S\left(\frac{R^3 - r^3}{3\ R^2}\right).$$

Il reste donc à évaluer la surface sphérique S.

Conformément aux principes ordinaires de la géométrie, cette zone sphérique a pour surface :

$$S = 2\left(2\ \pi\ R^2 \times \sin\frac{a}{2}\right).$$

Par conséquent, le volume cherché a pour expression définitive :

$$D = \frac{4\ \pi}{3}\sin\frac{a}{2}\left(R^3 - r^3\right).$$

Et si nous l'appliquons à la détermination du volume du grand appareil de notre machine dans lequel on a, ainsi qu'on l'a vu, $R = 0^m,385$, $r = 0^m,15$ et l'angle $a = 12$ degrés, on trouve :

$$D^{mc} = \frac{4 \times 3,1416}{3} \times 0,207912\ (0,057066625 - 0,003375) = 0^{mc},046.$$

La même opération effectuée à l'égard du petit appareil, celui dans lequel la vapeur travaille à pleine pression, fournit pour son volume 0^{mc}, 009 : donc, les deux volumes étant dans le rapport de 5 : 1, la vapeur travaille dans la machine, en se rendant d'un appareil à l'autre ce degré d'expansion.

L'évaluation de la puissance pour laquelle cette machine est établie ne présente donc plus de difficulté.

Pour obtenir la puissance théorique d'un cheval vapeur, en employant la vapeur à quatre atmosphères, d'étendue à cinq fois son volume admis à pleine pression, avec condensation supposée ne donner qu'un dixième d'atmosphère de contre-pression, il faut que le piston des machines de ce genre engendre un volume de 13^{mc},145 par heure (voir *Traité des Moteurs*, vol. II, p. 467); s'il s'agit d'une machine de Woolf, cette proportion s'applique au grand cylindre comme elle convient au cylindre unique des machines simples.

Par conséquent, elle doit s'appliquer au volume du grand appareil de la machine à disque actuelle, dont nous venons de voir que le volume est de 0^{mc},046, et nous avons dit que ce volume est rapporté à un tour comme un coup double de piston des machines ordinaires.

Donc, pour 60 tours par minute, cet appareil répond à une puissance théorique de :

$$F = \frac{0^{mc},046 \times 60^{t} \times 60'}{13^{mc},145} = 12^{ch},6.$$

Si, comme la simplification du mécanisme permet de l'espérer, on recueille 65 p. cent de ce travail effectif sur la poulie motrice, la puissance utile de cette machine serait donc de :

$$12,6 \times 0,65 = 8 \text{ chevaux.}$$

Tels sont, dans leur ensemble, les résultats des travaux de M. Molard sur les machines à disque, dont il a construit un certain nombre. Nous ne possédons pas encore, toutefois, de résultats d'expérience à citer; mais, aussitôt qu'il en sera parvenu à notre connaissance, nous ne manquerons pas d'en faire part à nos lecteurs.

L'auteur a présenté tout récemment un modèle à la Société industrielle de Mulhouse qui a proposé un prix pour le meilleur système de machine rotative, et un autre au Conservatoire des Arts et Métiers où il doit être soumis à des expériences suivies.

APPAREIL DISTRIBUTEUR ÉQUILIBRÉ

APPLICABLE AUX MOTEURS ET AUX POMPES

Par M. PERRET, ingénieur civil

Chef des études de la construction des chemins de fer du Midi.

(PLANCHE 19, FIG. 7 A 9)

Nous sommes en mesure de faire connaître, dans ses détails, l'appareil sur lequel nous avons donné une notice très-succincte dans le vol. xv, page 240, de ce Recueil, et qui est dû à M. Perret.

Ainsi que nous l'avons décrit, cet appareil, qui affecte assez sensiblement, par sa forme générale extérieure, l'aspect d'une machine à vapeur ordinaire, est attribué, par son inventeur, aussi bien à des fonctions motrices qu'à celles des pompes; et, dans les deux circonstances, il peut convenir aux fluides aériformes ou aux liquides, que ces agents soient, en effet, moteurs, comme la vapeur dans les machines ordinaires, ou l'eau dans les machines dites à colonne d'eau, ou qu'il s'agisse d'une pompe à eau ou d'un appareil soufflant, etc.

La particularité de cette machine réside, en effet, dans la disposition toute spéciale de l'organe distributeur, comme le tiroir, par exemple, des machines à vapeur; ici ce distributeur est combiné de façon à se trouver *parfaitement équilibré*, ce que l'on n'obtient pas avec les tiroirs ordinaires ou les soupapes sans contre-poids ou par d'autres artifices analogues; de plus, ce nouveau distributeur offre cela de remarquable, qu'il constitue lui-même le corps dans lequel joue le piston, moteur ou récepteur. C'est ce que le dessin et la description suivante permettront de comprendre facilement.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DISTRIBUTEUR

REPRÉSENTÉ FIG. 7 A 9, PL. 19.

La fig. 7 représente cet appareil en coupe longitudinale, moins la partie du mécanisme de transmission, qui ne diffère pas, d'ailleurs, de celui d'une machine à vapeur ordinaire;

La fig. 8 en est une section transversale suivant la ligne 1-2;

Et la fig. 9 représente en détail, et en projection horizontale, un point d'attaque important du mécanisme de transmission.

L'appareil comprend un corps principal en fonte formé de deux cylindres concentriques A et A', et à l'intérieur duquel est placé un manchon en bronze B, tourné par ses portées extrêmes de façon à coïncider très exactement avec les parties alésées du corps extérieur. Ce manchon, qui est doué d'un mouvement rectiligne alternatif, est lui-même alésé pour le jeu du piston C, qui s'y meut comme dans un corps de pompe ou un cylindre à vapeur. L'ensemble de ce corps est fixé sur un bâti D auquel se rattache tout le mécanisme de l'arbre de couche, de la manivelle et de la bielle en relation avec la tige du piston C.

Pour expliquer l'ensemble du fonctionnement de l'appareil, il faut faire remarquer de suite que les extrémités du manchon B sont percées de lumières a et a', qui sont destinées à venir se mettre successivement en rapport : 1° avec d'autres lumières b et b', qui communiquent directement avec l'intervalle annulaire des deux corps A et A', et 2° avec l'intérieur de ce dernier.

Ensuite, il faut noter que l'enveloppe intérieure A est armée d'une tubulure c, que nous appellerons l'*entrée*, qui est en rapport direct avec l'intervalle annulaire, et d'une deuxième tubulure d, que nous désignerons comme *échappement*, et qui s'ouvre immédiatement dans le cylindre intérieur A'.

D'après cela, admettons que l'appareil soit appliqué comme machine motrice à colonne d'eau. L'eau motrice est amenée par le conduit E et la tubulure d'entrée c dans l'intervalle annulaire, et y exerce sa pression. Or, il est aisé de reconnaître que le manchon B, recevant automatiquement du mécanisme, exactement comme un tiroir ordinaire, un mouvement de va-et-vient, ce mouvement a pour effet, comme dans cet organe analogue, d'amener alternativement ses lumières a et a' en rapport avec celles b et b' et, par conséquent, de *distribuer* cette eau motrice qui viendra agir successivement sur les deux faces du piston C, et lui communiquer le mouvement requis.

Mais, par la même raison, ces lumières a et a' venant se mettre à tour de rôle en rapport avec l'intérieur du cylindre A', l'eau motrice, au retour du piston, s'échappe par ce vide et, enfin, par la tubulure d et le conduit F qui lui est adapté.

Prenant comme exemple la position représentée fig. 7, on voit que l'introduction a lieu en cet instant par les lumières b et a, et l'expulsion par les orifices a', qui débouchent alors dans le corps intérieur A'; il est clair qu'aussitôt le piston C arrivé à l'extrémité actuelle de sa course, le manchon, revenant également, passera d'abord en son milieu de course où toutes les lumières sont masquées, puis, continuant d'avancer, fera communiquer ensemble les lumières a' et b', ce qui amènera la situation

opposée à celle actuelle et le mouvement en sens contraire du piston, etc.

Il est évident que si, au lieu d'une machine à colonne d'eau, nous en voulons faire une pompe aspirante et foulante, rien ne sera dérangé dans les fonctions qui viennent d'être expliquées : l'eau aspirée entrera dans l'appareil par le conduit E et sera refoulée par celui F. Même disposition pour l'air, s'il s'agissait d'une machine soufflante.

Enfin, comme machine à vapeur ou à gaz motrice, l'introduction se ferait par le conduit E et l'échappement par celui F.

Il serait donc inutile d'insister davantage sur l'ensemble de ces fonctions, qui seront comprises à l'instant par toute personne connaissant le jeu d'un tiroir de distribution ordinaire.

Ce qui est intéressant à examiner maintenant, ce sont les détails d'exécution du distributeur lui-même, qui n'offre d'autre résistance, quelle que soit la pression du fluide en mouvement, que le frottement de ses garnitures.

La partie principale de ce distributeur est, comme on l'a vu, un manchon en bronze B, primitivement ouvert à ses deux extrémités, mais portant de la même pièce, et du côté de la tige du piston, une douille cylindrique *e*, plus petite de diamètre, qui traverse la garniture de l'enveloppe pour se relier extérieurement, par un collier en fer G, avec la tige H, (fig. 9), d'un excentrique circulaire monté sur l'arbre de couche à manivelle.

Cette douille, que la tige du piston traverse, est munie, à cet effet, d'une garniture dont les boulons de serrage *f* forment pitons pour les rattacher aux boulons d'assemblage du collier G.

L'extrémité opposée est armée d'une douille semblable *g*, mais rapportée à vis, et qui est également guidée par la garniture réservée à l'arrière-bout de l'enveloppe A.

Mais ces deux douilles extrêmes n'ont pas pour motif principal de guider l'ensemble du distributeur, qui est, d'ailleurs, parfaitement maintenu par ses portées saillantes glissant dans les parties alésées de l'enveloppe. Si l'on examine avec attention les effets de la pression du fluide à l'intérieur et à l'extérieur du distributeur, on reconnaît que, à l'égard de la paroi cylindrique, l'équilibre des pressions est nécessairement parfait, puisqu'elles agissent également sur tous les points de la circonférence ; mais, longitudinalement, il pourrait en être autrement, si l'on n'y avait pourvu, en établissant d'avance une compensation entre les différentes tranches transversales susceptibles d'éprouver les effets de la pression.

C'est là ce qui se produit avec les deux douilles *e* et *g*, dont la section transversale est rendue équivalente à celle de la plus grande tranche annulaire du manchon. De cette manière, la pression du fluide refoulé ou refoulant, suivant l'espèce même de machine, agit également et en sens contraire sur ces deux sections, et l'équilibre longitudinal est rétabli.

Faisons remarquer, en terminant, que la jonction étanche est assurée, entre le distributeur et le corps principal à l'aide de bagues élastiques h ajustées, d'une part, aux extrémités du distributeur lui-même, et, d'autre part, dans le corps en fonte.

Par cette ingénieuse disposition, au moyen de laquelle il est constant que la distribution du fluide en mouvement ne donne lieu à aucune résistance, et cela quelle que soit l'intensité de la pression, l'auteur fait remarquer que rien ne s'oppose plus à ce que l'on donne aux passages d'aussi vastes sections qu'on peut le désirer, faculté très-limitée, au contraire, avec les tiroirs plats ordinaires ou les soupapes.

En énumérant les diverses applications auxquelles ce distributeur peut convenir, M. Perret en cite une qui nous paraît surtout intéressante. Disposée pour utiliser une chute d'eau, cette machine à distributeur équilibré se placerait facilement comme la turbine Jonval-Kœchlin en un point quelconque pris dans la hauteur de la chute, à condition, comme pour cette turbine, qu'aucune rentrée d'air ne pût avoir lieu par le conduit inférieur et que la hauteur entre la machine et le niveau d'aval ne dépasse pas, bien entendu, la sphère d'action de la pression atmosphérique.

BASSINS DE RADOUB

BATEAU-PORTE DE L'UNE DES FORMES SÈCHES
DU PORT D'ALGER

Par M. HARDY, ingénieur des ponts et chaussées

Et construit par M. NILLUS et ses fils, au Havre

(DEUXIÈME ARTICLE. — PORTES)

PLANCHE 20.

Dans notre précédent article (p. 50 de ce volume), nous avons fait connaître, avec tous les détails qu'ils comportent, les importants travaux nécessités pour l'exécution des bassins de radoub du port d'Alger, qui comprennent particulièrement deux formes sèches, dont on a pu voir la disposition d'ensemble sur la planche 6.

Indépendamment de la construction générale, chacune de ces formes présente un organe qui en est le complément indispensable : c'est la *porte*, à l'aide de laquelle on ferme la forme et l'on retient les eaux du large lorsqu'elle doit être desséchée, exactement comme fonctionnent les portes d'écluses ordinaires.

Mais, par le fait même des dimensions de ces formes et par l'obligation de les tenir rigoureusement étanches, en résistant néanmoins à une pression d'eau extérieure très-considérable, le système de portes montées sur charnières et à ouverture angulaire présente des inconvénients, surtout dans les ports où il n'y a pas de marée; on préfère lui substituer un véritable batardeau mobile, libre et d'une seule pièce, qui est amené à sa place en flottant, et qui prend enfin la désignation de *bateau-porte*.

Dans une notice, publiée en 1850 dans les *Annales des ponts et chaussées* sur la construction des trois bassins de radoub du port de

Toulon, par M. Ch. Noël, ingénieur en chef, directeur des travaux hydrauliques de la marine, nous trouvons ce qui suit sur l'origine de ce système :

« Les bateaux-portes sont de l'invention de M. Groignard, l'illustre ingénieur qui a construit le bassin n° 1. Il s'exprime ainsi dans son mémoire de 1775 :

« Personne n'ignore que, dans les ports de marée, on ne parvient « à bien fermer les portes des formes qu'au moment de la basse-mer où « l'on voit à sec, et où l'on peut garnir de frise et de suif tous les vides « qui se trouvent entre les portes et les parements de la pierre de « taille ; au heurtoir, le long des poteaux-tourillons et à la jonction des « poteaux du busc, pour empêcher que les eaux n'entrent dans la forme « à mesure que la mer monte.

« Cet avantage ne se rencontre pas dans les ports où il n'y a point de « marée, et l'établissement des portes y présente de grandes difficultés. « Le bassin étant toujours plein d'eau, lorsqu'on ouvre et ferme les « portes, on ne pourrait guère découvrir ni arrêter les filtrations qui « peuvent venir par-dessous, par les côtés ou par le milieu des portes « busquées. Il en serait de même du calfatage, des radoubs ou du « changement de ces portes, ainsi que des réparations souvent néces- « saires aux radiers, aux bajoyers, etc. Toutes ces réparations ne pour- « raient être faites qu'avec le secours de batardeaux ou autres moyens « fort coûteux, difficiles à employer, et qui arrêteraient souvent les tra- « vaux les plus importants.

« Prévenu, par état et par l'expérience, de tous les inconvénients des « portes busquées à deux vantaux qui rendent, dans les ports où il n'y « a point de marée, l'usage des formes très-incertain, très-lent et fort « coûteux, j'ai imaginé un nouveau moyen de les fermer, qui n'expose « à aucun de ces inconvénients et qui offre au contraire beaucoup « d'avantages. »

« Le bateau-porte fait par M. Groignard avait deux quilles : c'étaient deux portes séparées par un flotteur ; elles entraient dans deux rainures à la fois. Ce bateau-porte était dépourvu de stabilité, ce qui rendait son usage fort incommode. Il a été perfectionné par M. Pestel, directeur des constructions navales, qui lui a substitué une fermeture formée d'une seule porte proprement dite, s'engageant dans une seule rainure du bassin (1), et flanquée de deux flotteurs qu'on remplit d'eau quand on veut faire échouer le bateau-porte ; on les vide à l'aide de pompes quand on veut faire venir le bateau à flot pour le dégager de sa rainure.

« Le bateau-porte du bassin n° 3, qui a été projeté et exécuté par M. Bayle, ingénieur des constructions navales, quoique établi sur les

(1) On pratique plusieurs rainures dans l'entrée des bassins, afin de pouvoir éloigner ou rapprocher la fermeture, suivant la grandeur des navires à y placer, et par là réduire la quantité d'eau à pomper.

mêmes principes, diffère des deux autres en ce qu'il a été construit entièrement en fer, et qu'au lieu d'avoir simplement en élévation la forme d'un trapèze, il a celle de deux trapèzes superposés, forme qui est la conséquence de l'échancrure en élargissement, indiquée à la partie supérieure de l'entrée du bassin n° 3, afin de donner aux grands bâtiments à vapeur la faculté d'entrée sans démonter les rayons de la partie inférieure de leur roue.

« Cette construction en fer, qui a eu un plein succès, dispense du calfatage et de l'entretien qu'exigent toutes les constructions en bois. Il a cependant fallu ajouter, du côté de la quille et de tout le rebord qui appuie contre la pierre, une semelle en bois pour pouvoir y clouer le paillet ou garniture en tresse de fil avec suif, qui forme matelas et qui est nécessaire pour intercepter le passage de l'eau. »

On voit donc que l'invention des bateaux-portes est due à un ingénieur français; il en est de même de leur construction, qui a subi des perfectionnements successifs, et les portes des formes d'Alger, que nous allons décrire, peuvent être considérées comme le spécimen récent le mieux étudié dans toutes ses parties.

En se reportant à notre dessin d'ensemble pl. 6, on reconnaît très-bien le mode d'adaptation de cette porte, qui est indiquée par la lettre P aux deux formes; mais l'échelle ne nous permettait pas d'en montrer les détails de construction qui sont d'un grand intérêt, et auxquels se lient d'ailleurs les procédés de manœuvre pour mettre cette porte à sa place, ou l'en éloigner, en un mot, pour la mise en fonction même de l'ensemble de la forme.

Tel est le but de l'article actuel dans lequel nous nous attachons à faire ressortir les particularités remarquables de la construction du bateau-porte représenté pl. 20, et qui est celui appartenant à la plus petite des deux formes dessinées pl. 6.

CONSTRUCTION ET MANŒUVRE DU BATEAU-PORTE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 18, PL. 20.

Ensemble de la construction. — La fig. 1 est une élévation de face de cette porte, moitié en coupe longitudinale et moitié en vue extérieure;

La fig. 2 est une projection horizontale, aussi en partie extérieure et en coupe suivant la ligne 1-2;

La fig. 3 en est une élévation extérieure vue de bout;

La fig. 4 est une section transversale d'ensemble suivant l'axe 3-4;

Les fig. 5 à 18 représentent en détail les principaux organes de service, et différents assemblages des tôles et des cornières qui constituent la base de cette construction.

Les figures d'ensemble 1 à 4 permettent de reconnaître que cette

porte consiste, en quelque sorte, en un vaste panneau ayant la forme d'un trapèze régulier, comme l'emplacement qui lui est réservé à l'ouverture de la cale ou forme qu'elle doit clore, et dont les deux faces offrent des flancs conformés à la manière ordinaire des carènes; ses différentes sections horizontales ont, en effet, la figure d'un fuseau composé de quatre courbes symétriques; mais sa base et les deux côtés inclinés, qui prennent la désignation de quilles et d'étambots, ont une section rectangulaire régulière pour s'appliquer et former joint sur l'épaulement réservé en tête de la forme. Quant à la partie supérieure, elle forme un pont armé de garde-fous, pour circuler d'un quai à l'autre et pour la manœuvre.

Comme les carènes en fer, cette porte est formée d'un grand nombre de cintres *a* en cornières sur lesquelles sont appliquées des feuilles de tôle; l'ensemble constitue une capacité vide qui doit être suffisamment étanche pour empêcher les infiltrations de l'extérieur et retenir l'air que l'on introduit pour la manœuvre dans des conditions que nous expliquons plus loin. Il est nécessaire de faire remarquer d'abord que l'intérieur est divisé, par des ponts ou cloisons horizontales, en plusieurs compartiments distincts qui ont des fonctions particulières dans l'ensemble des manœuvres par lesquelles on parvient à *couler* la porte en place et à l'en relever.

Premièrement, au-dessous du pont supérieur A se trouve une première capacité B, qui est la *caisse de surcharge*, au-dessous de laquelle se trouve une deuxième capacité C appelée *caisse étanche*, qui est, en effet, déterminée, d'abord par le fond de la caisse de surcharge, et ensuite par la cloison ou *pont étanche* D. Au-dessous de ce dernier pont, le vide est encore divisé en deux parties par le *troisième pont* E, dont l'objet principal est de soutenir l'écartement des deux parois, dans cette partie qui correspond au maximum du galbe.

La caisse de surcharge est en communication libre avec l'extérieur, par une ouverture disposée comme une écoutille et par laquelle on introduit l'eau destinée, en remplissant cette caisse, à immerger la porte. La caisse étanche C est percée, sur les deux faces, de quatre ouvertures circulaires ou *hublots* F, destinés, comme on le verra tout à l'heure, à laisser l'eau s'introduire dans cette caisse, lorsqu'on veut couler la porte, et lui permettre de s'en échapper pour l'opération contraire. Cette même caisse est traversée, de part en part, par quatre couloirs G, dont chacune des extrémités est armée d'une vanne à coulisse H; ces conduits, qui ne communiquent pas avec l'intérieur de la caisse, sont destinés à donner entrée à l'eau du large dans la forme, lorsqu'elle doit être, en effet, remplie pour la sortie du bâtiment qui s'y trouvait en chantier.

Enfin, et pour compléter cet aperçu, la porte est lestée au moyen de 64 tonnes de fonte en gueuse disposée dans la partie inférieure.

Il est, en effet, nécessaire, avant d'insister sur les détails, d'expliquer le fonctionnement de cette porte dont les dispositions ne seraient pas comprises sans cela. Lorsque la forme est ouverte, remplie d'eau et à niveau, par conséquent, avec le bassin à flot, la porte en est éloignée et en un certain point d'amarrage, comme un bateau ordinaire. Elle est donc flottante et émergée de toute la hauteur indiquée par le niveau mn (fig. 3 et 4), qui répond à une ligne de flottaison passant à 5 centimètres au-dessous de l'ouverture des hublots F, qui est elle-même au ras du pont étanche D : les hublots sont fermés, et la caisse de surcharge B ainsi que la caisse étanche sont complétement vides.

Lorsqu'on veut mettre la porte en place, pour fermer la forme et la mettre à sec, voici comment on opère :

Fermeture de la porte. — On fixe des cordes à des pitons b dont cette porte est munie, on la détache de son corps de mouillage, puis on l'amène devant l'ouverture de la forme en la présentant devant l'enclave, c'est-à-dire devant l'épaulement avec lequel elle doit joindre.

Toutes les vannes sont fermées.

Dans cette position, on ouvre les hublots du large, puis on commence à faire le *plein* de la caisse de surcharge B au moyen d'un conduit qui amène de l'eau d'un réservoir placé à terre.

Sous l'influence de la charge d'eau versée dans cette caisse B, la porte s'enfonce peu à peu, et il vient un moment où l'ouverture des hublots descend au-dessous du niveau de l'eau.

Alors, la porte continuant de baisser au fur et à mesure que la caisse de surcharge s'emplit, les hublots s'immergent complétement en laissant l'eau s'introduire dans la caisse étanche C dont l'air peut s'échapper par un petit tuyau qui s'élève à partir du fond de la caisse de surcharge.

Enfin, la porte s'abaissant au fur et à mesure de l'emplissage des deux caisses, elle finit par joindre exactement avec l'enclave, et l'opération est terminée. Dans cet état, elle se trouve immergée, suivant la hauteur indiquée par le niveau supérieur $m'n'$.

On compte une heure et demie pour couler la porte à sa place. Pendant l'immersion, trois hommes se tiennent sur le pont A et suffisent, par leur poids, en se déplaçant, pour maintenir l'horizontalité dans le cas où la descente ne se ferait pas régulièrement.

Une fois la porte mise en place, on peut épuiser la forme, après avoir préalablement fermé, en abaissant les vannes H, les couloirs G qui établissaient la communication avec le large, ainsi que les hublots intérieurs. Dès que la forme est à sec, on ouvre des robinets de purge c placés à la partie inférieure de la porte, et, bien entendu, du côté de la forme, afin de donner issue à l'eau qui aurait pu, par quelques fuites, s'introduire dans cette partie. Inutile d'ajouter que la porte est maintenant fortement amenée à joint sur l'épaulement, par la pression de l'eau agissant sur sa face opposée à la forme.

Ouverture de la porte. — L'ouverture de la porte, ou mieux de la forme, est naturellement précédée de la rentrée de l'eau dans cette dernière.

Pour procéder à cette manœuvre, les robinets de purge c étant fermés, on lève les vannes H, et l'eau du large, passant par les coul... G, s'écoule dans la forme. Lorsque le niveau est établi et que la pression latérale est, par conséquent, nulle, on ouvre un robinet d pl... près du fond de la caisse de surcharge et qui permet à l'eau que cette caisse contient de s'écouler; on ouvre aussi le robinet du cond... d'air en rapport avec la caisse étanche C.

La porte, allégée par la vidange de la caisse de surcharge, commence à s'élever; les hublots du large, qui sont maintenus ouverts depuis l'immersion, permettent aussi à l'eau contenue dans la caisse C de s'écouler en se mettant d'accord avec le niveau extérieur; bientôt ces hublots sont eux-mêmes émergés, et la caisse C peut se vider à fond; la porte est enfin complétement relevée et revenue à la hauteur de flottaison du niveau *mn*.

Ces opérations sont véritablement remarquables par leur simplicité et la faible main-d'œuvre qu'elles nécessitent. En dehors de ce que nous venons d'expliquer, il ne resterait qu'à dire quelques mots de la pompe I installée sur le pont A et qui n'a d'autre application que de servir, comme pompe de cale, à épuiser les eaux introduites accidentellement dans les compartiments inférieurs.

Cette pompe est représentée en détail et à une grande échelle, fig. 5.

Elle est en bronze et composée d'un corps cylindrique boulonné avec une cloche inférieure I', renfermant le clapet de pied en champignon *e*. A la tubulure appartenant à cette cloche est raccordé un tuyau en cuivre *f*, qui traverse les planchers par des garnitures étanches et descend jusque dans la cale.

Le piston J, qui est muni d'un clapet à charnière *g*, porte un étrier par lequel il est rattaché à la bielle K, qui est assemblée avec la bringuebale L; ce levier est articulé sur une console de la même pièce que le corps de pompe qui porte aussi le bec ou dégorgeoir *h*, par lequel s'écoule l'eau soulevée par le piston.

Accessoires de service et détails de construction. — Les fig. 6 à ... représentent en détail l'une des vannes H dont nous avons expliqué la fonction, et qui consiste à régler l'ouverture ou la fermeture des couloirs G, par lesquels on laisse l'eau du large entrer dans la forme lorsqu'il s'agit de la mettre à flot. Ces vannes sont formées, comme on le voit, d'un tiroir en *fonte* H glissant en coulisse sur un châssis dressé H', qui se boulonne directement sur la paroi extérieure de la porte.

Ce tiroir porte deux oreilles pour l'assemblage d'une tige *i* qui s'élève jusqu'au pont A, et traverse, par sa partie taraudée, un écrou *j*, lequel est forgé avec un étrier qui est lui-même surmonté d'une

tige à poignée k à l'aide de laquelle on fait manœuvrer la vanne. La fig. 8 montre que le tiroir H forme coin dans les deux coulisseaux latéraux; mais il est limité, dans sa descente, par une partie de coulisse l fixée sur la traverse inférieure du châssis.

Les figures 9 et 10 sont les détails d'un hublot F.

On reconnait que cette pièce est simplement composée d'un siége ou lunette F', avec lequel est monté à charnière le tampon de fermeture F. La jonction du tampon sur la lunette a lieu par une rondelle de caoutchouc o incrustée dans le tampon, et le serrage se fait à l'aide de l'écrou à poignée p.

Nous n'avons pas encore parlé de deux puits M qui sont constitués au moyen de tubes en tôle partant du pont supérieur, et qui débouchent dans le compartiment situé au-dessous du pont étanche D. Dans ces puits sont disposés des échelons qui permettent de descendre sur le pont E dans lequel sont ménagés des trous d'homme pour donner accès dans la cale.

On peut de même s'introduire dans la caisse étanche par des ouvertures ordinairement closes, et qui sont réservées sur le pont A et sur le fond de la caisse de surcharge, dans la position indiquée par le cercle ponctué N, fig. 2.

Les détails de la construction en tôle et fer d'angles qui constituent l'ensemble de cette porte seraient difficiles à expliquer de point en point. Nous avons dû nous borner à reproduire, à l'échelle de 1/20 de l'exécution, les principaux assemblages dont on se rendra facilement compte à l'aide des fig. 11 à 18.

Les fig. 11 et 12 représentent, en sections verticale et horizontale, une portion de la quille;

Les fig. 13 et 14 représentent, dans les mêmes conditions, une portion de l'un des étambots qui forment, avec la quille, ce bord rectangulaire par lequel la porte joint dans l'enclave de la forme;

Les fig. 15 et 16 sont les détails, en sections transversale et longitudinale, d'un raccord de pont étanche D avec l'une des parois de la carène;

Enfin, les fig. 17 et 18 montrent, suivant la même disposition, l'assemblage du pont inférieur E avec la même paroi.

Quant au pont A qui recouvre la porte, il est formé de madriers reposant transversalement sur les cornières qui bordent la caisse de surcharge, et sur deux longrines ou bordages en bois q supportés par des consoles en fer r fixés aux parois de la carène. C'est avec ces longrines que sont boulonnés les montants s de la balustrade.

Voici le tableau des échantillons de tôles de fer employées dans la construction de cette porte :

Tôles du T des 2e et 3e ponts, dans la partie mitoyenne. . . . . 19 m
» du T du 3e pont, à la suite du T, de 19 mill. 18
» du T du 2e pont, à la suite du T, de 19 mill. 17
Tôles du T du 3e pont, à la suite du T, de 18 mill. 15
» du T du 2e pont, à la suite du T, de 17 mill. 14
» de l'âme du 3e pont, au milieu, sur le tiers de sa longueur; et T du 3e pont, à la suite du T, de 15 mill. 12
Tôles du bordé du bâtiment, depuis la quille jusqu'au 3e pont: T
» du 3e pont, à la suite du T de 12 mill., et T du 2e pont, à la suite du T de 14 mill. 10
Tôles des plaques, de la quille et âmes de ses carlingues. 10
» des âmes, des membranes et des barreaux, jusqu'au 2e pont. 10
» des âmes du 2e pont, au milieu, sur le tiers de la longueur. . 10
» de l'âme du 3e pont, à la suite de l'âme de 12 mill., sur le 1/6 de la longueur. 9
Tôles du bordé du 3e pont au 2e. 8
» des âmes du 3e pont, aux deux extrémités, sur le 1/6 de la longueur. 8
Tôles de l'âme du 2e pont, aux deux extrémités, sur le 1/3 de la longueur. 8
Tôles des 14 plaques horizontales des étambots, à partir de la quille. 8
» des âmes des membranes, et des barreaux du 2e pont à la partie supérieure. 8
Tôles du T du pont, à la suite du T de 10 mill. 8
» du bordé du 2e pont, à l'origine de la partie cylindrique. . . 6
» des âmes des montants des 2e et 3e ponts. 6
» des 6 dernières plaques des étambots. 6
» du bordé de l'origine de la partie cylindrique à la partie supérieure. 6
Tôles du pont supérieur et caisse à eau; consoles de la passerelle. . 6
» de la cheminée du trou d'homme du pont étanche. 6
» du couloir de vannes. 6

Cornières du T du 3e pont.		100 sur	100
Cornières du T du 2e pont.		90	90
Cornières de membrure entre la quille et le 3e pont.		100	100
» de la membrure entre le 3e pont et la partie supérieure.		80	80
Cornières des plaques de la quille et des plaques des étambots	75 sur	75 et 8 mill. d'ép.	
Cornières des montants du 3e pont.	75	75	8
» des montants du 2e pont.	60	60	
» de la caisse de surcharge et des vannes.	60	66	5
Fer à simple T des barreaux des membranes entre les ponts.	»	50	50

Dimensions principales. — Notre dessin indiquant toutes les dimensions principales de la porte, nous n'avons donc plus qu'à mentionner celles qui sont relatives aux fonctions générales de l'appareil.

Les grandes dimensions périmétriques correspondent à l'ouverture de la forme, plus une portée de 40 centimètres de largeur en rapport avec l'épaulement de l'enclave, et qui est exprimée par ce contour à section rectangulaire comprenant la quille et les deux étambots.

C'est, en somme, un trapèze ayant les dimensions suivantes :

Grande base.	20 m. 800.
Petite base..	16 750.
Hauteur.	8 100.

La largeur maxima, sur la section du maître bau, est de 3 mètres, et cette section, devenant cylindrique à partir des vannes, est réduite à 1 m. 50 de largeur.

L'épaisseur de la quille et des étambots est de 0 m. 50.

La porte étant flottante et émergée, par conséquent, depuis le niveau *mn*, son tirant d'eau est de 4 m. 95 et elle déplace, dans cette situation, 145 m. cubes. Il faut donc en conclure qu'y compris ses 64 tonnes de lest, et en tenant compte de la densité particulière de l'eau de mer, elle pèse environ 149,000 kilog.

Cependant il suffit environ des deux premiers mètres cubes d'eau versés dans la caisse de surcharge pour abaisser la porte des 5 centim. dont le pont étanche et les hublots sont élevés, à l'état flottant, au-dessus de la flottaison *mn*. L'immersion totale est de 1 m. 90 de hauteur.

Malgré l'exiguïté apparente des quatre couloirs G à l'aide desquels on remplit la forme, cette opération n'exige que fort peu de temps, comme il est aisé de s'en convaincre par le calcul approximatif suivant.

La porte étant en place, la charge d'eau sur le centre des couloirs, considérés comme orifices de dépense, est de 45 centimètres : ils ont 35 centim. de hauteur sur 50 de large, et représentent ensemble, par conséquent, un orifice rectangulaire de 2 m. de largeur.

Comme la contraction est faible, vu la longueur de ses conduits, nous adopterons, pour le coefficient de réduction de la dépense, 0,90, et, conformément au mode de calcul employé en pareille circonstance, nous opérons ainsi pour déterminer le volume d'eau, en mètres cubes, que ces quatre couloirs, les vannes entièrement levées, peuvent débiter par chaque seconde :

$$D = l\,h\sqrt{2\ g\ H}\,m$$

$$\text{d'où } D = 2^{m} \times 0^{m},35 \times \sqrt{19,62 \times 0^{m},45} \times 0,9 = 1^{mc},872.$$

Or la petite forme, à laquelle appartient cette porte, peut être représentée assez sensiblement par un prisme de 70 m. de longueur ayant

pour base un trapèze de 7 m. de hauteur et une largeur moyenne de 17 mètres. Ce volume est équivalent à 8,330 mètres cubes. Par conséquent, pour emplir la forme, et même sans tenir compte du tonnage du bâtiment qu'elle renferme, il n'est nécessaire que du temps suivant :

$$\frac{8330^{mc}}{1^{mc},872 \times 3600''} = 1^{h},23.$$

Soit, environ, une heure et un quart pour l'emplissage de cette forme supposée complétement vide.

Dans un prochain article, nous donnerons la description des machines d'épuisement.

OUTILLAGE DES FORGES

MACHINE A LAMINER LES BANDAGES DE ROUES

POUR VÉHICULES DE CHEMINS DE FER

Par MM. LE BRUN et LÉVÊQUE, constructeurs de machines à Creil

(PLANCHE 21)

La fabrication des roues pour les véhicules de chemins de fer a subi depuis l'origine de nombreuses transformations, et s'il nous fallait décrire tous les systèmes proposés, depuis la roue à rais entièrement en fonte jusqu'à la roue pleine en fer forgé d'une seule pièce, il nous faudrait consacrer à cette étude un texte très-volumineux et un grand nombre de planches. De tous ces systèmes il n'est resté dans le domaine de la pratique que quatre ou cinq types, perfectionnés surtout au point de vue de leur construction.

Dans une roue de chemin de fer, quel que soit son mode de construction, l'une des parties principales est son *bandage* ou cercle extérieur qui frotte sur le rail, et qui sert, au moyen du boudin saillant dont il est pourvu, à empêcher la machine ou le wagon de dérailler lorsqu'il se déplace accidentellement sur la voie ou qu'il franchit des courbes de petit rayon.

On voit donc que dans une roue c'est son bandage qui est assujetti en marche au frottement permanent sur le rail; or, son usure serait rapide si l'on n'avait le soin de choisir pour sa confection soit du fer au bois de première qualité, travaillé, soudé et étiré au marteau ou au laminoir, soit du fer dur et aciéreux ou de l'acier fondu ou puddlé; des soins particuliers sont aussi nécessaires pour son montage et sa fixation sur la jante de la roue.

Depuis quelques années, grâce à l'initiative de quelques maîtres de forges et en première ligne de MM. Petin et Gaudet, cette fabrication a

fait de grands progrès, qui sont dus principalement à des dispositions spéciales de machines puissantes et à de nouveaux procédés d'enroulement des anneaux ou rondelles, qui permettent d'obtenir des *bandages sans soudure* en fer ou en acier corroyé.

Sans entrer dans les détails de fabrication du bandage proprement dit, puisque notre but n'est ici que de donner la description d'une nouvelle *machine à laminer*, nous dirons cependant, d'une façon sommaire et générale, comment se prépare la rondelle que cette machine est destinée à agrandir, afin de l'amener au diamètre et à la forme exigée pour un bandage de roue.

Plusieurs méthodes ont été proposées ; mais la plus justement célèbre est celle de MM. Petin et Gaudet, qui consiste dans la préparation au laminoir d'une barre de fer méplat ayant la longueur et le poids nécessaires, et qui, en sortant de la dernière cannelure, est enroulée de champ en spirale sur un mandrin circulaire, comme un ressort à boudin dont toutes les spires seraient entièrement rapprochées.

Cette bague ou rondelle, transportée au four à réchauffer, est ensuite soumise, dans une étampe de forme appropriée, à l'action d'un puissant marteau-pilon, qui le soude dans toutes ses parties et lui donne la forme du bandage, mais plus fort comme épaisseur et d'un diamètre moindre.

Ce bandage ébauché est soumis dans cet état à l'action d'un laminoir exact, finisseur qui agrandit le diamètre du cercle et lui donne la forme, uni intérieurement et renflé d'un côté à l'extérieur, pour former le boudin.

Ce sont les dispositions spéciales de ce laminoir ou *machine à laminer*, employée pour cette dernière opération, que nous nous proposons d'examiner.

A l'origine, les bandages étaient livrés par les forges, bruts et en barres droites, aux ateliers de chemins de fer où ils étaient cintrés, soudés et mandrinés au diamètre convenable. La machine à cintrer n'était autre alors qu'un plateau en fonte percé de trous, et garni d'un mandrin représentant en plein le vide du bandage une fois cintré. L'une des extrémités de la barre droite était calée contre le mandrin, et au moyen de pinces et de grands leviers prenant leur point d'appui dans les deux plateaux, on rabattait la barre contre la circonférence du mandrin.

Ainsi cintré, le bandage était porté à la forge à souder, où les deux extrémités refoulées et rapprochées étaient portées au blanc suant, puis soudées au marteau à main à l'aide de coins ; enfin, chauffé à nouveau, il était placé sur un mandrin qui assurait l'exactitude de son diamètre pendant son refroidissement.

On perfectionna ensuite ce système en faisant usage d'un levier à galets, mobile autour du centre même du mandrin, et on fit celui-ci

extension variable au moyen de six segments s'ouvrant au moyen d'un coin.

On abandonna bientôt ce procédé encore trop primitif pour faire usage d'une machine spéciale à cintrer, sorte de laminoir à trois galets horizontaux et à écartements variables; l'un recevant la commande par une transmission de mouvement, et les deux autres servant de guides à l'enroulement. Ce système de machine, qui eut pour résultat d'apporter une économie très-appréciable dans la main-d'œuvre, en même temps qu'une perfection notable dans la fabrication, fut installé par M. C. Polonceau aux ateliers d'Ivry, de la Compagnie d'Orléans, et chez MM. Buddicum et C[e], à Sotteville-lès-Rouen; l'Annuaire de 1851 de la Société des anciens élèves des écoles d'arts et métiers, et les Mémoires de la Société des ingénieurs civils de 1852, en donnent chacun un dessin.

C'est l'usage de ces premières machines, qui, en même temps qu'elles cintrent la barre, la lamine dans une certaine proportion relative, a donné la pensée de la fabrication des bandages dits *sans soudure,* lesquels, préparés, comme nous l'avons dit, au marteau-pilon, sont ensuite laminés par des machines spéciales, qui ont en principe beaucoup d'analogie avec les machines à cintrer ou calibrer dont nous venons de parler.

Il existe plusieurs dispositions de laminoirs à bandage sans soudure, mais ils ne diffèrent entre eux que par des détails de construction, si ce n'est pourtant ceux qui agissent comme les laminoirs ordinaires à fer ou à tôle à axe horizontal, disposés tout spécialement comme le sont ceux de MM. Petin et Gaudet, qui portent, en dehors de l'une des cages, des galets armés de joues, comprenant entre eux une cannelure suivant la forme du bandage.

Mais le plus généralement, dans les autres forges françaises et étrangères, ce sont les machines à laminer à axe vertical, du système adopté par MM. Le Brun et Lévêque, représenté pl. 21, qui paraissent recevoir de plus nombreuses applications.

Nous citerons, comme s'étant tout parculièrement occupés de perfectionner les machines à laminer les bandages, M. G. Renard, qui prit un brevet le 27 janvier 1848; M. Festugière, breveté le 7 décembre de la même année (1); M. Stehelin, à Bitschwiller, breveté du 6 avril 1849 (2); M. Bodmer, à Paris, breveté du 26 février 1850 (3). Dans le vol. XVII du *Génie industriel,* nous avons donné le dessin de la machine à cintrer, mandriner et calibrer de M. Bertsch, à Reichskoffer, qui a fait le sujet d'un brevet en date du 4 novembre 1852; en novembre 1853, M. Dese-

(1) Ce brevet est publié dans le tome XIV des brevets pris sous le régime de la de 1844.

(2) Publié tome XV dudit recueil.

(3) Publié tome XVIII.

vasques, à Saint-Chamond, a un brevet pour des procédés de bandages de roues à l'aide d'un laminoir à axe horizontal (1); le 26 avril 1854, MM. Dormoy et Champeaux, à Paris, se faisaient breveter pour un nouveau laminoir circulaire (2). Cette même année, deux brevets furent encore pris pour des procédés particuliers de fabrication de bandages: l'un, le 28 octobre, par M. Renard, à Paris (3); l'autre, le 6 décembre, par MM. Russery et Lacombe, à Rive-de-Gier (4).

Dans l'Annuaire de 1864 de la Société des anciens élèves des écoles d'arts et métiers, M. Alf. Chenot aîné a donné le dessin de deux machines anglaises à laminer : l'une de M. Rowan, de Glascow, est une machine dite à *dégrossir* à axe vertical, à mandrin rotatif et à un seul galet lamineur; l'autre est une machine à *dégrossir et à finir*, de M. Heptinstall, à axe horizontal, dont plusieurs spécimens fonctionnent, paraît-il, chez MM. Brown à Rotherham, près Sheffield; chez MM. Naylor et Vickers; chez M. W. Butcher et Ce, de Sheffield, etc.

D'après un article de M. A. Tylor du *Practical Mechanic's*, traduit dans les *Annales du Conservatoire*, il y avait à l'Exposition universelle de Londres, en 1862, deux excellentes séries d'échantillons de bandages en acier fondu : celle de M. Krupp, d'Essen, et celle de MM. Naylor et Vickers, de Sheffield.

« Le procédé de ces derniers, est-il dit, bien plus expéditif que le procédé allemand est, par suite, moins coûteux. A Sheffield, le métal de plusieurs creusets, contenant environ 900 kilogrammes chacun, est réuni dans une poche et versé dans un moule en sable, revêtu avec un mélange spécial d'argile et de sable; il forme un anneau d'environ 0m,11 d'épaisseur.

« MM. Naylor font usage d'une machine construite par M. Creighton, de Manchester (qui est celle à dégrossir et à finir du système Heptinstall, dont il a été question plus haut), pour laminer ces anneaux en bandages. Les cylindres en sont petits et tournent verticalement; ils sont maintenus par des pièces épaisses formant la partie supérieure du bâti, et disposés à droite et à gauche du milieu de la machine, deux paires de cylindres d'un côté et trois cylindres de l'autre.

« En passant entre les deux paires de cylindre placés à différentes distances, le bandage est réduit à une épaisseur d'environ 0m,038. Il est alors réchauffé et porté à la partie droite de la machine, où se trouvent les trois cylindres disposés en triangle. L'un d'eux a un axe fixe, tandis que ceux des deux autres sont mobiles. Ces derniers sont graduellement disposés par rapport au cylindre fixe au moyen de vis, de manière à fournir une courbe convenable pour chaque accroissement de diamètre

(1) Publié dans le tome XXXIII des brevets pris sous le régime de la loi de 1844.
(2) Publié tome XXXIX dudit ouvrage.
(3) Publié tome XLII.
(4) Publié tome XLIII.

du bandage. Le diamètre augmente en raison de la diminution de l'épaisseur; et, par cette disposition, la forme circulaire est toujours obtenue, quelles que soient les dimensions du bandage.

« La machine pèse environ 50 tonnes; les bandages d'acier fondu coûtent à peu près trois fois le prix de ceux faits avec le meilleur fer du Yorkshire, et ceux provenant des établissements de M. Krupp sont encore plus coûteux, par suite des frais qu'entraîne un procédé d'ailleurs excellent, lequel consiste à former un lingot d'acier fondu, qui est forgé suivant une forme méplate arrondie mais allongée, dans lequel sont percés au foret ou au découpoir vers les extrémités, à travers toute son épaisseur, deux trous d'environ 5 cent. de diamètre. Une fente est pratiquée pour les réunir, puis le bloc est chauffé et ouvert de manière à former un anneau d'acier fondu, qui est laminé ou forgé au marteau, de manière à former le bandage. »

A l'usine de Stefanau, en Moravie, M. Fehland, de Brunswick, a établi un laminoir à bandage sans soudure, du système à axe vertical, dans lequel la pression du galet extérieur, au lieu d'être produite par un moteur à vapeur, comme dans la machine de MM. Le Brun et Lévêque, est exercée au moyen d'une presse hydraulique horizontale disposée pour desserrer très-rapidement.

Nous arrêtons ici cet aperçu historique, qui peut déjà faire apprécier combien ces machines à laminer les bandages ont été étudiées, et nous le compléterons par un examen par ordre chronologique des brevets pris de 1844 à 1865 sur la matière; mais avant nous allons décrire en détail le laminoir finisseur représenté pl. 21, construit à Creil dans les ateliers de MM. Le Brun et Lévêque, et qui fonctionne maintenant aux forges de Montataire.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A LAMINER LES BANDAGES DE ROUES

REPRÉSENTÉE PAR LES FIGURES DE LA PL. 21.

La fig. 1 est un plan général vu en dessus de cette machine;

La fig. 2 en est une section verticale et longitudinale passant par l'axe des arbres des transmissions de mouvement;

La fig. 3, une section transversale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

Ces figures d'ensemble sont dessinées à l'échelle de 1/50 de l'exécution.

Les fig. 4, 5, 6 et 7 représentent, en sections verticales et en plans, les galets-lamineurs et l'un des galets-guides dessinés à une échelle double des figures précédentes, c'est-à-dire au 1/25.

Disposition générale. — On remarquera tout d'abord que, pour faciliter le service de cette machine, les constructeurs ont établi tout le mécanisme de la transmission de mouvement au-dessous du sol, à l'intérieur d'une fosse en maçonnerie, sur le plancher de laquelle est solide-

ment boulonnée la plaque d'assise en fonte A, qui relie les quatre montants verticaux A', lesquels s'élèvent jusqu'au niveau du plancher de l'usine pour supporter la plaque supérieure B servant de table à la machine.

Cette table n'a que 50 centimètres d'épaisseur, et les galets-lamineurs ainsi que les galets-guides sont montés presque à fleur de son niveau supérieur, de façon que le tout se trouve peu élevé, et, par suite, les manœuvres nécessaires pour l'introduction du bandage entre les galets, puis son enlèvement, lorsqu'il est arrivé au diamètre voulu, peuvent s'effectuer promptement et sans difficulté.

L'action du laminage proprement dit a lieu entre les deux galets *c* et *c'*, clavetés au sommet des deux arbres verticaux C et C'; le premier repose, par sa partie inférieure, sur un grain d'acier encastré dans le fond de la crapaudine *a*, monté dans une cuvette fondue avec la plaque d'assise, et qui est munie d'un coin avec vis de serrage *a'* permettant de régler bien exactement la hauteur de l'arbre, ou, au besoin, de compenser l'usure du pivot.

Cet arbre est, en outre, maintenu par deux larges collets en bronze *b* et *b'*, l'un ajusté dans l'épaisseur de la table B et l'autre dans un support intermédiaire D, relié, d'un bout, à l'un des montants, qui, à cet effet, est fondu en deux pièces, et, du bout opposé, à une traverse D', boulonnée aux deux autres montants placés perpendiculairement au premier. Pour éviter le soulèvement de l'arbre pendant le laminage, une forte bague en fer *d* a été clavetée au-dessous de la table.

Le second arbre parallèle C' est monté de la même façon que le premier, et tourne comme lui dans une crapaudine *e* et entre un collet en bronze *e'*, mais les deux châssis en fonte E et E', dans lesquels sont ajustés cette crapaudine et ce collet, peuvent se déplacer simultanément au moyen d'un mécanisme spécial, afin de pouvoir éloigner ou rapprocher bien parallèlement cet arbre C' de celui C, et, par suite, laisser un espace plus ou moins grand entre les deux galets-lamineurs *c* et *c'*.

A cet effet, les deux châssis E et E' peuvent glisser dans leurs supports, qui sont dressés intérieurement pour former coulisseaux, conjointement avec des plaques rapportées *f* (fig. 1), fixées au moyen de vis à tête fraisée; ils sont, en outre, taraudés, pour recevoir les vis à filets carrés F et F', montées dans la tête des supports de façon à pouvoir tourner librement, mais sans se déplacer dans le sens de leur axe, de sorte que ce sont les châssis qui sont forcés de se mouvoir quand on fait tourner les vis.

La simultanéité du mouvement communiqué à celle-ci, pour assurer le parallélisme des arbres C et C', est obtenue par la combinaison des roues G et G' qui engrènent avec un même pignon *g* auquel le mouvement est transmis.

Moteur annexe. — Comme l'effort à exercer pour faire mouvoir les

deux châssis doit être assez considérable, surtout lorsqu'il s'agit de rapprocher les galets-lamineurs, afin d'amener le bandage à l'épaisseur voulue, les constructeurs ont appliqué un petit moteur à vapeur annexe, qui attaque directement l'arbre g' du pignon de commande g.

Lors de l'installation de cette machine, on avait, en outre, appliqué sur l'arbre g', comme l'indique notre dessin, une grande roue H que l'on commandait par le petit pignon h, dont l'arbre horizontal, supporté par le petit bâti de treuil H', était actionné à bras d'homme au moyen du volant à manettes h'.

Depuis, l'expérience a fait reconnaître que cette commande à bras n'était pas nécessaire, et la machine à vapeur seule est restée; seulement, au lieu d'être à un seul cylindre, comme celle que nous avons représentée, elle est à deux cylindres, et on a accouplé les deux manivelles motrices sur l'arbre g', ce qui a permis d'obtenir, avec un plus grand effort, une continuité de mouvement plus assurée en croisant, par l'accouplement, les points morts des manivelles.

Ce petit moteur à vapeur annexe est d'une construction très-simple; il est à cylindre oscillant avec distribution au moyen d'un secteur à coulisse, qui permet de régler l'introduction de la vapeur et les changements de marche en avant et en arrière avec une aussi grande facilité qu'avec la coulisse de Stephenson.

Cette petite machine motrice est, du reste, semblable à celle que M. Le Brun a appliquée à la grue à vapeur que nous avons publiée dans le vol. XI de ce Recueil; seulement ici le cylindre I est renversé, afin que la tige i de son piston puisse venir s'attacher directement à la manivelle motrice i'. L'arrivée de la vapeur dans la boîte de distribution j a lieu par le tuyau j', qui est assemblé avec la bride du tourillon de gauche du cylindre, et la bride de droite reçoit le tuyau d'échappement k.

Le fond du couvercle du cylindre est fondu avec un guide I', dans lequel est engagée la tête de la tige du tiroir de distribution, laquelle est munie d'un goujon avec bague en cuivre destinée à glisser dans la coulisse k' (fig. 2 et 8), montée sur un axe qui est relié, par une traverse et les petites colonnettes l, à l'un des paliers recevant les tourillons du cylindre.

Sur l'axe de la coulisse k' est fixé le levier à poignée l', qui sert au machiniste à changer la position de ladite coulisse, afin de modifier à son gré la distribution, soit pour faire tourner l'arbre g' dans le sens du serrage des vis F et F', soit en sens inverse, pour amener l'éloignement des galets-lamineurs, soit enfin pour faire cesser le fonctionnement du moteur.

Dans ce dernier cas, le levier à manettes l' est horizontal (position indiquée fig. 8); alors le tiroir de distribution ne laisse plus pénétrer la vapeur dans le cylindre, puisque le centre de la coulisse se trouve juste dans l'axe du cylindre, et que, par son oscillation, l'arc de cercle, décrit

par la tête de la tige du tiroir, se trouve être exactement le même que celui de la coulisse fixe; mais si on change la position relative de celle-ci, soit à droite, soit à gauche, l'excentricité produit le déplacement nécessaire au mouvement du tiroir, qui débouche alors les orifices d'introduction de la vapeur en dessus et en dessous du piston.

Voici les principales dimensions de ce moteur estimé pour chaque cylindre à la force de 6 chevaux :

Diamètre du piston.	0m,220
Course dudit.	0m,400
Diamètre de la tige.	0m,050
Diamètre du tuyau d'arrivée de vapeur. .	0m,040
Diamètre du tuyau d'échappement. . . .	0m,050

Nous avons décrit les dispositions du bâti et celles des arbres portant les galets-lamineurs, puis expliqué comment s'obtenait le serrage énergique nécessaire à la réduction du bandage, il nous reste maintenant à faire connaître comment le mouvement est communiqué à ces galets-lamineurs, et la relation des *galets-guides* coopérant avec les *rouleaux conducteurs* à l'achèvement du bandage.

Mouvement du laminoir. — L'arbre horizontal K, supporté par les deux paliers K′, reçoit le mouvement du moteur de l'usine et le transmet, par la forte paire de roues d'angle L et L′, à l'arbre vertical C, qui porte à son sommet le galet *c*. Celui-ci est le *lamineur* proprement dit, et présente extérieurement la forme que doit avoir le bandage intérieurement, c'est-à-dire une partie droite avec une petite gorge intérieure, du côté du boudin, pour allégir d'autant, à cet endroit fortement renflé, l'épaisseur du métal. (Voy. fig. 2 et 4.)

Le galet voisin *c′* est le *presseur;* il forme la contre-partie du précédent, en présentant sur sa circonférence exactement la configuration extérieure du bandage, dont le profil est une partie inclinée de 1/20e, raccordée, d'un côté, avec le boudin, et, de l'autre, avec un chanfrein. L'épaisseur du bandage, qui peut varier de 0m,40 à 0m,60, se trouve naturellement déterminée par l'écartement circonférentiel du lamineur et du presseur. Ce dernier n'est pas commandé, il tourne librement avec son arbre, entraîné par la friction du bandage, qui frotte et se moule sur sa périphérie.

Galets-guides. — Ces galets *m*, au nombre de quatre, ont, comme le galet presseur, le profil que doit avoir le bandage achevé; ils sont montés librement, chacun respectivement, sur un petit arbre en fer *m′* (fig. 6 et 7) fixé entre les branches d'un support arqué M, qui est fondu avec un patin à rebords dressés.

La forme de ce patin correspond à celle intérieure des quatre bras B′, fondus avec la table B pour les recevoir et pourvus de plaques n

formant glissière, qui y sont encastrées et fixées par des vis à tête fraisée dans l'épaisseur du métal.

Ainsi ajusté, chaque patin, sous l'impulsion de la vis à filets carrés N, que traverse l'écrou en bronze n' (fig. 3 et 6), peut aisément glisser dans toute la longueur des bras, ce qui permet de rapprocher ou d'éloigner à volonté les galets-guides du galet-lamineur et, par suite, de les disposer de façon que le bandage x, soumis au laminage, vienne tangentiellement s'appuyer et rouler sur leurs circonférences, qui, ainsi, servent de guides et de limites à son extension. Les quatre vis N se manœuvrent, du reste, indépendamment les unes des autres à l'aide des volants à manettes N' fixés à leur extrémité.

Rouleaux-conducteurs. — Pour que le bandage ne se soulève pas pendant son laminage, faciliter son mouvement de rotation dans un plan bien horizontal et en même temps assurer la rectitude de ses bords, il est engagé entre deux rouleaux horizontaux P et P'; celui inférieur repose sur des coussinets en bronze encastrés dans l'épaisseur de la table, et il reçoit de l'arbre moteur, par l'intermédiaire de la roue R et du pignon R', un mouvement de rotation continu dont la vitesse est calculée pour correspondre à sa circonférence avec celle de développement du cylindre lamineur.

Le rouleau supérieur P' peut tourner librement dans ses coussinets, et est maintenu en pression par deux vis p, encastrées dans les chapeaux desdits coussinets, et dont le serrage est effectué à l'aide des clefs à quatre poignées p'. L'une de ces vis traverse le chapeau du palier de devant S, et l'autre l'oreille d'une pièce en fer S', montée sur le bout de l'arbre central C, laquelle, pour plus de rigidité, vient embrasser, au moyen d'une fourche forgée avec elle, le bout de l'arbre parallèle C'.

Service de la machine. — Le bandage, dégrossi au marteau-pilon et réchauffé, est porté à la machine et engagé entre les deux galets c et c'.

Préalablement le galet presseur a été écarté, et la pièce à fourche S' a été soulevée à l'aide d'un palan et d'un crochet que l'on engage dans un trou dont cette pièce est munie; on a aussi dégagé le rouleau supérieur P', en le faisant glisser dans les coussinets de son support S.

Le bandage introduit, la pièce S' est remise en place ainsi que le rouleau P', que l'on arrête dans cette position au moyen du petit levier à main s (fig. 1 et 3), qui s'engage dans une gorge ménagée à cet effet à l'extrémité dudit rouleau.

On embraye alors la poulie qui communique le mouvement du moteur à l'arbre K, et le galet-lamineur c se met à tourner en entraînant le bandage, aidé dans ce mouvement par le rouleau P, qui est commandé, comme on l'a vu, par les roues R et R'. Ce rouleau est creux afin de pouvoir y introduire de l'eau froide destinée à empêcher un trop grand échauffement, résultant de son contact permanent avec le bandage chauffé au rouge.

En même temps que tourne le galet c on donne la pression par le rapprochement progressif du galet c', en faisant fonctionner le moteur annexe, jusqu'à ce que le bandage soit arrivé à la limite d'épaisseur voulue et au diamètre déterminé circonscrit par les galets-guides m, et correspondant à la quantité de métal dont la rondelle a été formée; aussitôt après la pièce à fourche s est enlevée, ainsi que le rouleau P' et, le presseur c' desserré, on retire le bandage qui est immédiatement porté sur un mandrin à segments, et immergé dans une cuve d'eau pour amener son prompt refroidissement.

Telles sont les dispositions de cette machine qui, en outre de ses combinaisons, présente comme construction une importance réelle par son volume et par son poids, car elle n'exige pas moins pour son installation de 9 à 10 mètres de longueur sur 5 mètres de largeur, et le poids total, y compris le moteur annexe pour le serrage, mais sans le moteur principal, est de 95 à 100,000 kilogrammes.

Voici comment ce poids se trouve réparti entre les diverses pièces dont la machine est composée :

FONTE.

1	plaque supérieure, côté des vis.	10,000 kilogr.
1	plaque supérieure, côté du laminoir vertical.	9,070
1	coulisseau du grand galet mobile.	1,400
4	coulisseaux des galets-guides à col de cygne.	2,440
2	barres coulisses du grand galet mobile.	510
8	barres coulisses des galets-guides.	1,820
1	chapeau de la cage.	106
1	cage du laminoir vertical.	410
1	coussinet du laminoir servant de coulisseau	79
1	chapeau du palier de la demi-plaque supérieure. . .	67
1	coussinet de l'arbre horizontal en fonte du laminoir vertical (palier extrême).	41
2	demi-coussinets de l'arbre horizontal en fonte du laminoir vertical (palier intermédiaire extrême). . . .	106
1	galet (grand) mobile.	525
1	galet (grand) fixe.	523
1	arbre horizontal en fonte creux du laminoir vertical. .	630
4	galets-guides.	632
2	bâtis du treuil à main.	142
2	chapeaux des bâtis.	6
1	volant à poignées de $0^m,920$ de diamètre du treuil à main.	82
4	volants des poignées des galets-guides.	507
1	montant (nº 1), partie supérieure portant le palier de $0^m,100$.	1,570
41	pièces détachées. *A reporter*. . . .	30,666 kilogr.

41	*Report du nombre de pièces.* *Report.*	30,666
1	montant (n° 2), partie inférieure.	1,175
1	montant (n° 3), placé sous le palier de l'arbre horizontal en fonte..	2,465
1	montant (n° 4), placé sous la partie où les deux plaques supérieures se rassemblent.	3,310
1	montant (n° 5), placé sous la partie où les deux plaques supérieures se rassemblent..	3,350
1	palier de $0^m,100$ fixé sur le montant n° 1. Ce palier n'a pas de coussinet..	54
1	chapeau du palier ci-dessus.	21
1	palier de $0^m,260$ fixé sur le montant n° 3, le coussinet est venu de fonte avec le palier.	385
1	chapeau du palier de $0^m,260$.	185
1	coulisse inférieure placée entre les montants n° 1, et fixée sur l'entretoise des montants nos 4 et 5 . . .	3,500
1	coulisseau inférieur glissant dans la coulisse ci-dessus.	1,010
2	barres coulisses glissant dans la coulisse ci-dessus. . .	655
1	entretoise des montants nos 4 et 5 portant un palier venu de fonte.	2,000
1	chapeau du palier de l'entretoise ci-dessus.	198
1	bâti inférieur recevant les quatre montants. (Plaque de fondation).	4,550
1	crapaudine..	280
2	engrenages coniques à 45° de $1^m,300$ de diamètre, de 60 dents.	6,125
2	engrenages droits de $1^m,604$, de 84 dents. (Roues pour le mouvement des vis)	1,400
1	engrenage droit de $0^m,382$, de 20 dents. (Pignon pour le mouvement des vis)	123
1	roue droite de 252 dents pour l'avancement du treuil..	770
1	roue de $2^m,480$ de diamètre et de 100 dents pour l'entraînement du laminoir vertical.	2,000
1	pignon de $1^m,093$ de diamètre et de 44 dents pour l'entraînement du laminoir vertical	609
1	pignon droit de 13 dents pour l'avancement par le treuil.	20
1	pignon droit de 34 dents.	2,000
1	roue en deux parties, 60 dents (fixée sur l'arbre K). .	5,070
1	manchon à griffe.	1,615
1	palier.	680
1	chapeau dudit palier	297
1	chaise support du palier	3,620
1	partie de manchon.	1,640
73 pièces.	Poids total des pièces de fonte. .	79,773

FER.

2 grosses vis conduisant le galet mobile, 230 kilos chacune.	460 kilogr.
2 douilles des vis ci-dessus, 45 kilos chacune	90
1 arbre horizontal supérieur du laminoir..	240
1 pièce à douille servant de support à l'arbre horizontal.	360
4 vis des galets-guides avec leurs quatre douilles. . . .	440
2 vis de pression du laminoir, 16 kilos l'une	32
1 arbre horizontale de la transmission de la machine à vapeur	2,600
1 coin de rattrapage de jeu de la crapaudine.	90
1 plaque rectangulaire appuyant sur la plaque	10
1 arbre du galet fixe.	1,560
1 arbre du galet mobile.	760
1 grain en acier de la crapaudine..	12
1 douille de l'arbre fixe.	150
1 douille de l'arbre mobile	135
2 clavettes traversant les douilles.	18
1 rondelle de la partie supérieure de l'arbre fixe retenant la pièce à douille.	24
1 clavette placée au-dessus de cette rondelle.	8
2 closillons, manivelle pour le serrage des vis de pression du laminoir.	30
1 bride du petit tourillon de l'arbre horizontal en fer. .	5
1 bride du gros tourillon dans la cage du laminoir. . .	6
1 pièce servant d'arrêt pour empêcher de reculer . . .	12
1 arbre du treuil.	20
1 pièce d'arrêt servant à embrayer et débrayer et poignée du volant.	6
3 entretoises du treuil à main et goujons du palier. . .	12

BOULONS.

48 poignées se fixant sur les volants des galets-guides. .	65
6 poignées se fixant sur le volant du treuil à main . . .	8
4 boulons de 20 millimètres avec leurs clavettes pour deux bâtis du treuil à main	3
8 boulons reliant les deux bâtis du treuil à main sur les poutres.	16
1 boulon servant d'axe à la pièce d'arrêt..	3
1 boulon servant de repos et portant deux embases pour retenir la poussée..	4
8 boulons de 30 millimètres fixant l'écrou des vis de pression du grand galet.	16
A reporter.	7,195

Report.	7,195 kilogr.
2 boulons de 23 millimètres fixant la bride du petit tourillon.	2
2 boulons de 25 millimètres fixant la bride du gros tourillon.	3
2 boulons de 50 millimètres et leurs clavettes fixant le chapeau de la cage.	16
2 boulons de 50 millimètres à embases pour la pièce d'arrêt.	12
4 boulons de 50 millimètres fixant la cage sur la partie supérieure.	16
4 boulons de 30 millimètres du palier extrême.	12
24 boulons de 50 millimètres tête ronde servant à fixer les grosses glissières.	264
48 boulons de 40 millimètres tête ronde servant à fixer les petites glissières.	335
4 boulons de 23 millimètres servant à fixer le chapeau du palier de 100 millimètres..	6
4 boulons de 25 millimètres servant à fixer le palier de $0^{m},100$ sur le montant n° 1.	8
16 boulons de 70 millimètres servant à relier les deux parties de la plaque supérieure.	480
18 boulons de 80 millimètres servant à relier les plaques avec les montants..	400
18 boulons de 80 millimètres servant à relier la coulisse inférieure avec les montants n° 1 et n° 2.	200
16 boulons de 80 millimètres à clavettes servant à fixer les montants sur la plaque.	400
4 boulons de 70 millimètres reliant l'entretoise à la coulisse..	80
8 boulons de 70 millimètres reliant l'entretoise aux montants n° 3 et n° 4.	160
4 boulons de 50 millimètres à embases servant à fixer le palier et le chapeau du palier de $0^{m},260$ sur le montant n° 2.	60
4 boulons de 50 millimètres à tête carrée servant à fixer le chapeau du palier de l'entretoise.	40
Pour la moitié de l'arbre moteur de la machine oscillante.	150
4 Axes des galets-guides	80
2 Cales de callages des grandes glissières.	30
Total des pièces en fer.	9,949

BRONZE.

1 douille de 0m,250	123
1 douille de 0m,220	114
1 crapaudine..	66
2 brides carrées.	175
1 coulisseau.	21
1 coulisseau (coussinet) de 0m, 250 de l'entretoise . . .	102
1 douille de grosse crapaudine.	36
1 coussinet de l'arbre horizontal.	41
Total.	678

Ces poids sont ceux des pièces brutes de fonte et de forge; si on en déduit les déchets provenant du rabotage, tournage et dressage, on aura les chiffres suivants pour le poids réel de la machine :

Poids total de la fonte.	77,237	96,982 kilogr.
Poids des plaques de fondation non compris dans la nomenclature, environ. . .	6,500	
Poids du fer.	9,700	
Poids du bronze.	545	
Poids du petit moteur annexé, environ. . .	3,000	

On aura une idée bien exacte de la force de la machine à vapeur qui commande le laminoir par l'intermédiaire de l'arbre K, d'après ses dimensions principales qui sont les suivantes :

Diamètre intérieur du cylindre à vapeur	0m800
Course du piston.	1, 000
Diamètre de la tige du piston.	0, 112
Longueur d'axe en axe de la bielle.	2, 000
Diamètre extérieur du volant.	6, 400
Poids total dudit	22, 600 kilog.
Diamètre de l'alésage du volant..	0, 500
Vitesse de l'arbre de la machine par 1'	70 tours.
Nombre de dents du pignon monté sur l'arbre de la machine..	34
Nombre de dents de la roue en deux portes montées sur l'arbre horizontal K.	60
Vitesse de cet arbre, et par suite, de l'arbre vertical portant le galet lamineur, par 1'	40 tours.
Diamètre de l'arbre de la machine au collet du côté de la manivelle.	0m280
Diamètre du côté du volant.	0, 320

EXAMEN, PAR ORDRE CHRONOLOGIQUE, DES BREVETS PRIS DE 1844 A 1865 POUR DES PROCÉDÉS PROPRES A LA FABRICATION DES BANDAGES DE ROUES DE WAGONS, LOCOMOTIVES, TENDERS, ETC.

1846. — *Procédé de fabrication des cercles de roues de locomotives et wagons de chemins de fer,* par MM. Plate et Rozet.

Le procédé consiste dans l'emploi d'un moule en trois parties : la première est posée sur un fourneau qui la chauffe avant la coulée; la deuxième s'ajuste sur la première, et la troisième est formée de trois segments serrés à l'aide de trois coins. Cette dernière partie est percée de cinq trous rectangulaires pour l'introduction de l'acier fondu. Plusieurs trous cylindriques sont également pratiqués pour servir à la sortie de l'air pendant la coulée.

1847. — *Procédé propre à obtenir un fer dur et tenace destiné particulièrement aux cercles à rebords des roues des locomotives et des wagons,* par la société des fonderies de Montataire. Le procédé consiste à mélanger le fer et l'acier pendant le travail du four à puddler.

1847. — *Combinaison qui donne des barres propres à la fabrication des bandages de roues et autres usages,* par M. Sanderson.

L'auteur prend une loupe de fer fabriquée par les procédés ordinaires, et d'une forme et d'une grosseur déterminées ; il réchauffe cette loupe et la passe sous un laminoir convenablement évidé, puis, ensuite, sous le marteau, lequel forme une cavité ayant les profondeur et largeur requises pour recevoir la portion nécessaire d'acier destinée à être incorporée avec la loupe de fer.

Cette cavité une fois formée, une barre mince ou feuille de fer est soudée à la surface ou sur le côté ouvert de la cavité, de manière à former un tuyau qui reçoit l'acier en fusion.

1848. — *Genre de cercles de roues sans soudure, propres aux locomotives, tenders et wagons de chemins de fer,* par M. Renard.

Le système consiste dans l'emploi d'un laminoir vertical, dont la partie travaillante fonctionne sur une table métallique, ce qui permet de dresser le bandage au fur et à mesure de sa formation.

1848. — *Tirage et soudage simultané, au laminoir, des cercles de fer ou autres des roues de wagons et autres véhicules,* par M. Festugière.

Le résultat énoncé dans le titre du brevet est obtenu par un jeu de cylindres avec cage et accessoires. L'action des cylindres se produit hors des cages au moyen de cannelures ajoutées à cet effet ; le cylindre supérieur est soulevé par deux leviers, et il est rapproché de l'inférieur au moyen d'un système d'engrenage. On prend une barre de fer dont l'une des faces a la forme de la surface extérieure des roues, on contourne préalablement cette barre, et l'on rive les deux extrémités, qui ont été coupées à bec de flûte ; dans l'intérieur de ce cercle on introduit d'autres barres, contournées également et en quantité suffisante pour former une masse qui permet d'obtenir le cercle fini, en dimension et en poids. Cette masse, ainsi préparée et chauffée dans un four au rouge fondant, est présentée aux cannelures extérieures du laminoir, dont on rapproche graduellement le cylindre supérieur, à l'aide d'engrenages.

1849. — *Fabrication et emploi de bandages de roues à l'usage des chemins de fer, dont l'arrondissement, par la compression ou l'extension,*

remplace, en tout ou partie, celui qu'on obtient par le tour, par M. Stehelin.

La machine, permettant d'obtenir le résultat énoncé, se compose d'un mandrin ou tambour, légèrement conique vers l'un des bouts, et monté sur un axe horizontal, mobile à volonté; ce tambour est monté entre les pieds d'un pilon à vapeur, dont le marteau peut ainsi agir au-dessus et tangentiellement. Après que le bandage a été soudé et qu'il est encore chaud, on le place sur le tambour, vers la partie conique, et l'on fait agir le marteau, muni d'une étampe appropriée; le bandage présente successivement toute sa surface au choc, avance en se refroidissant, et se trouve amené sur la partie cylindrique du tambour, qui a exactement le même diamètre que doit avoir, à l'intérieur, le bandage fini.

Dans un certificat d'addition à ce brevet, M. Stehelin a donné le dessin d'un appareil à mandriner et à dégauchir le bandage, avant sa mise en place sur le tambour surmonté du marteau décrit dans son brevet principal. Cet appareil consiste en une forte plaque de fonte horizontale munie d'un bras à coulisse dans lequel marche un porte-galet qui sert à cintrer le bandage.

Au centre de cette plaque fixe est monté, sur pivot, un plateau tournant sur lequel est fixé une coquille qui présente, intérieurement, la forme que le bandage doit avoir extérieurement. Celui-ci, cintré et soudé, est placé dans cette coquille, qui est mise en mouvement en même temps que quatre mandrins disposés à l'intérieur, et que des excentriques écartent de façon à comprimer le bandage uniformément, à l'intérieur comme à l'extérieur, sur tous les points de sa circonférence. Une série de quatre galets, roulant sur un plan horizontal, lamine en même temps le bord du boudin, de telle sorte que le bandage se trouve parfaitement rond, à la fois dégauchi et dressé sur ses bords.

1849. — *Procédés de fabrication des bandages de roues de wagons, tenders, locomotives, etc., sans soudure, et finis entièrement au marteau-pilon et au laminoir,* par MM. Petin, Gaudet et Morel.

Les procédés sont résumés dans les trois opérations distinctes, qui sont : 1° le contournage des barres ; 2° le martelage et le corroyage des rondelles 3° le laminage des cercles obtenus. Une machine forme la rondelle, qui est composée de spires hélicoïdales, lesquelles, suffisamment réchauffées, sont soumises à l'action d'un marteau-pilon quelconque muni des matrices nécessaires. Un laminoir horizontal, avec cannelures à l'extérieur des cages, est chargé d'amener les bandages aux dimensions voulues.

1850. — *Genre de laminoirs destinés à laminer les bandes de roues à l'usage des chemins de fer et autres,* par M. Bodmer.

La barre destinée à être transformée en un bandage est cintrée et soudée comme d'habitude, puis chauffée à un degré convenable dans un four ordinaire. Cette barre est portée, par un moyen quelconque, sur une table en fonte, et amenée entre les deux cylindres montés sur cette table. Quand le bandage a atteint le diamètre voulu, l'ouvrier qui conduit l'appareil est averti par un indicateur formé d'une échelle divisée, sur le zéro de laquelle arrive l'index.

Pour déterminer le moment où le bandage fini doit être mis sur la roue, on fait arriver par un tube un courant de gaz ; aussitôt que le gaz cesse de s'allumer, la température est convenable.

1851. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des bandages de roues,* par MM. Petin, Gaudet et Ce.

Ce brevet a pour but de faire ressortir la méthode de mise d'acier pour recou-

vrir les bandages et leur assurer une longue durée. Après avoir chauffé le bandage, on l'enroule sur un mandrin. On corroie l'anneau obtenu dans des étampes convenables, à l'aide d'un marteau-pilon, puis on termine le bandage en le soumettant à l'action d'un laminoir analogue à celui décrit précédemment. Une addition annexée à ce brevet indique que l'on peut couler de l'acier fondu en fusion dans un moule circulaire dont l'intérieur forme une rigole, qui sert à recevoir l'acier fondu ; on donne à cette rigole la section que doit avoir le bandage.

1851. — *Genre de fabrication de roues de wagons, dites à bandages extérieurs*, par MM. Dehaitre et Aubry.

Ce brevet a pour but de fabriquer des bandages fondus en coquilles ; le même procédé s'applique à la fabrication des roues pleines.

1852. — *Système de laminoir à cercle pour bandages de roues de chemins de fer*, par M. Rozet. L'auteur soude plusieurs barres de fer, après les avoir enroulées sur un moule ou mandrin, puis l'anneau obtenu est porté dans un four à réchauffer ; arrivé à l'état soudant, l'anneau est soumis au martelage, afin de produire une soudure d'une homogénéité parfaite.

La pièce est alors soumise à l'action d'un laminoir vertical, sur la table duquel le bandage est maintenu au fur et à mesure de sa formation.

1852. — *Système d'appareil pour cintrer les cercles de roues des voitures sur la roue elle-même*, par M. Mothes aîné. Le cintrage des cercles en fer se fait sur la roue elle-même, qui doit les recevoir, en sorte que le fer prend exactement le contour de la roue, même quand elle n'est pas parfaitement ronde. La pose à chaud d'un cercle ainsi obtenu est alors bien plus facile et plus certaine.

1852. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des pièces de forge, et particulièrement applicables aux bandages*, par MM. Petin, Gaudet et Ce. Ce brevet a pour objet de nouveaux perfectionnements aux procédés et appareils de laminage, déjà décrits dans les brevets examinés plus haut.

1852. — *Système de laminoirs à deux cylindres pour bandage de roues de locomotives, wagons et autres*, par MM. Jackson frères.

Ce laminoir présente, comme particularité, que le cylindre supérieur, une fois qu'il est desserré par les vis qui le maintiennent en pression sur le cylindre inférieur, peut être tiré dans le sens de son axe, au moyen d'une machine à vapeur, dont la tige du piston est reliée à son arbre, désaffleurant à cet effet, de ce côté, la cage. Cette disposition a pour but de permettre l'introduction du bandage entre les cannelures du cylindre, puis de l'enlever quand le laminage est achevé.

1852. — *Machine à cintrer les bandages de roues de chemins de fer*, par M. Bertsch. Ce brevet comprend une machine qui sert à cintrer, mandriner et calibrer les bandages, à partir de 0,91 de diamètre jusqu'à 2,50, pour roues de wagons, locomotives, etc. Son but est de cintrer les bandages quand ils sont droits, et, surtout, de donner, quand la soudure est faite, le diamètre et le profil exacts qu'ils doivent avoir. (Voir le *Génie industriel*, vol. XVII.)

1853. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des bandages sans soudure*, par MM. Petin, Gaudet et Ce. Ce brevet étend les explications relatives aux appareils déjà décrits, et fait ressortir, en même temps, les manœuvres accessoires nécessaires pour compléter la fabrication.

1853. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des roues en fer*, par MM. Petin et Gaudet. Les procédés décrits ici sont plus particulière-



ment applicables à la confection des moyeux de roues en fer; ils consistent à former un paquet à l'aide de bandes trapézoïdales, enroulées en hélice sur un mandrin. On termine les côtes du paquet à l'aide de secteurs disposés en rayons; le tout est réchauffé et martelé, à la manière ordinaire, sous un marteau dont les matrices ont la forme définitive du moyeu.

1853. — *Procédés de fabrication de rails, bandages de roues, essieux, tôles, etc.*, par M. Bernard. Les procédés se résument à préparer les barres ensemble, après les avoir tordues préalablement à l'aide d'un outil quelconque. Les paquets que l'on obtient ainsi, lorsqu'ils sont soumis au martelage, sont, d'après l'inventeur, beaucoup mieux corroyés, et présentent une durée marquée sur ceux fabriqués ordinairement.

1853. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des rails et bandages de roues aciérés, et des bandages sans soudure en fer, comme aciérés*, par M. Rives.

Les bandages sont préparés, soit en roulant en spirale une bande de fer qui est ensuite soudée, soit en formant un cercle d'une seule barre, et en la soudant par ses extrémités. On passe ensuite les cercles, ainsi préparés, à un laminoir disposé pour creuser une gorge extérieure circulaire; cela fait, on passe à nouveau le cercle dans une autre cannelure du laminoir, afin de rabattre les côtés de la gorge et former d'un côté le boudin, en même temps qu'une rainure angulaire avec contre-partie de l'autre côté. On laisse alors refroidir le cercle, qui présente ainsi en section une gorge à queue d'aronde, au fond et sur les côtés de laquelle on perce, de distance en distance, des trous. On ferme cette gorge par un cercle de fer feuillard, et on décape le tout pour enlever l'oxyde de fer, puis, on enfonce le tout dans du sable servant de moule, et on coule de l'acier fondu dans la gorge et les trous que l'on a pratiqué, et dont quelques-uns servent à l'échappement de l'air. Lorsque l'acier est solidifié et qu'il est encore très rouge, on porte le cercle au four, et, dès qu'il est suant, on soude le fer et l'acier en le passant, soit au laminoir, soit sous les étampes d'un marteau-pilon.

1854. — *Construction d'un paquet circulaire en fer, devant servir à la fabrication des bandages*, par M. Gallois.

Le paquet se compose d'une première rondelle soudée et bien ronde, puis d'une deuxième rondelle également terminée, qu'on passe par-dessus la première quand elle est refroidie. Une troisième rondelle recouvre ensuite les deux premières quand la seconde rondelle est froide, et ainsi de suite. On obtient, de la sorte, un paquet composé d'une réunion de rondelles, correspondant à la dimension du bandage que l'on veut obtenir; on le soude en le réchauffant, puis on le lamine par les appareils connus.

1854. — *Lamineur circulaire applicable aux roues de chemins de fer* par MM. Dormoy et Champeaux.

Ce laminoir a pour but de faciliter le travail de fabrication des cercles sans soudure. L'ébauche est obtenue en prenant des barres de fer plat ayant leurs extrémités coupées en biais; on en forme des cercles, qui sont placés dans une étampe de pilon pour être calibrées, puis superposées en nombre suffisant pour former un paquet capable, par son poids, de produire un bandage. Ce paquet est ensuite placé au four, et quand il est chaud au blanc soudant, on l'apporte dans un moule de pilon pour être soudé, corroyé et réduit à l'épaisseur et au diamètre que doit avoir l'ébauche. Celle-ci est alors portée au lami-

neur, qui est composé d'une table horizontale en fonte, au-dessus de laquelle désaffleure un cylindre vertical qui est le *lamineur* proprement dit; il est muni de deux joues servant de limite à l'épaisseur du bandage. Sur un axe parallèle est monté un galet *presseur* commandé par une vis, de façon à pouvoir être éloigné ou rapproché facultativement du lamineur. Ce galet a sa circonférence tournée suivant une forme creuse correspondante à celle saillante du bandage. Des rouleaux horizontaux facilitent la rotation du bandage pendant son laminage, et trois *galets-guides*, mobiles dans des coulisses, sont disposés pour s'écarter tangentiellement au fur et à mesure de son agrandissement.

1854. — *Nouveau procédé de cinglage et étirage du fer pour bandage de roues*, par M. Morel.

Ce procédé consiste dans l'emploi d'étampes de formes spéciales, au moyen desquelles une loupe de fer, à sa sortie du four à puddler, est d'abord aplatie sous forme de disque et percée au centre au moyen d'une pointe conique, dont le marteau est muni. Ce disque devient ainsi une rondelle, qui est étirée sur l'enclume, présentant à cet effet une forme de cloche. Un certain nombre de rondelles ainsi obtenues sont superposées et chauffées au blanc soudant dans un four à réverbère, puis soudées dans une matrice à l'aide d'un marteau pilon. Les rondelles soudées sont introduites de nouveau dans un four à réchauffer, puis engagées, à l'aide de tenailles et de leviers, entre les galets en porte-à-faux d'un laminoir horizontal muni de guides, qui amènent le cercle à la dimension voulue pour un bandage.

1854. — *Mode de fabrication des cercles pour roues de chemin de fer*, par M. Girardet.

Ce mode de fabrication consiste dans la préparation de cercles corroyés à plat avec plusieurs barres superposées, toujours à plat, et soudées l'une sur l'autre. C'est au moyen d'un laminoir à axe horizontal, avec galets lamineurs en porte-à-faux en dehors des cages, que le cintrage de chaque cercle est obtenu, puis le soudage des cercles entre eux, et enfin la forme voulue du bandage au moyen de serrages successifs du presseur contre le lamineur, et du déplacement des galets-guides.

1854. — *Bandages de roues à rebord forgés au pilon pour les chemins de fer*, par M. Cabanal-Duvillard.

Pour cette fabrication, l'inventeur prend du fer en barre, et en fait un cercle du diamètre qu'il veut obtenir, à l'aide de la machine à cintrer; trois ou quatre cercles superposés les uns aux autres sont mis dans un four à reverbère, puis soumis à une matrice ayant la forme du bandage. Il reste ensuite à les souder avec le marteau-pilon; cette opération recommencée, on obtient un bandage achevé de forge. Les bavures formées par l'excédant sont coupées au tour.

1854. — *Méthode de fabriquer les bandages des roues des wagons et d'autres pièces*, par MM. Dechanet et Sirco.

Les auteurs coupent des plaques de fer du diamètre convenable pour en former des bandages, et font ces bandages avec une portée intérieure pour recevoir les plateaux de la roue. Le bandage est composé d'un ou plusieurs cercles superposés les uns sur les autres et tournés à l'aide d'une machine à cintrer.

1854. — *Laminoir perfectionné pour la fabrication des bandages de fer ou d'acier, ou mélange du fer du Midi aux riblons supérieurs, du charbon de bois, mine de plomb et cambouis*, par M. Joris.

Ce brevet, suivit de deux additions, comprend un appareil nommé par l'auteur *marteau-pilon-laminoir* ou *laminoir à pilon*, lequel se compose d'un marteau-pilon ordinaire ayant la chabotte disposée de telle sorte qu'elle offre l'emplacement de deux cylindres lamineurs verticaux. L'un des cylindres est monté dans des tourillons fixés à la chabotte; l'autre, destiné à servir de *presseur* pour amener le bandage à l'épaisseur voulue, est ajusté dans des coulisseaux, et des vis de rappel permettant de le rapprocher du premier. La rondelle brute en fer ou en acier est portée sous le pilon et engagée entre les deux galets du laminoir. On la frappe d'abord tout autour avec le marteau afin de la souder parfaitement; une fois cette opération terminée, le pilon est maintenu soulevé, et c'est alors que les cylindres du laminoir agissent pour amener le bandage au diamètre voulu.

1854. — *Système de fabrication des bandages de roues de wagons ou de locomotives*, par M. Chauffriat.

Le système consiste dans la composition d'une trousse en paquet avec un nombre quelconque de bandes méplates d'une dimension déterminée, correspondante à celle que doit avoir le bandage. Sur ces bandes de fer, et pour être corroyée ensemble, est placée une bande d'acier d'une longueur égale aux bandes méplates. Cette bande est de section carrée et son côté à peu près moitié moins large que les bandes de fer superposées. La barre n'est pas placée parfaitement au milieu de la trousse, attendu que cet acier doit se trouver réparti sur le bandage en dehors du boudin, à l'endroit seul qui doit reposer sur le rail. Cette trousse terminée est chauffée au four à reverbère à un degré de chaleur convenable pour le corroyage, qui s'effectue au marteau-pilon ou au laminoir, à la presse ou au martinet.

Dans un certificat d'addition à ce brevet en date du 23 août 1856, l'auteur décrit quelques modifications dans la préparation du paquet, et étend son procédé d'aciération aux rails, fusées d'essieux, etc.

1854. — *Bandages de roues de locomotives, landers et wagons*, par M. Renard. Le mode de fabrication comprend :

1° L'enroulement de la barre en spires concentriques qui montent les unes sur les autres, de manière que le diamètre intérieur du second tour coïncide avec le diamètre extérieur du premier tour, et ainsi du troisième, etc.

2° La soudure de la rondelle au moyen d'un martelage sur champ, soit extérieurement dans une chabotte emprisonnant le bandage, avec un marteau-pilon de même empreinte que la chabotte, soit en frappant avec un marteau à extrémité conique, et en formant le boudin par le refoulement de la matière;

3° Le laminage de la rondelle une fois soudée pour l'amener graduellement, par l'allongement du fer, au diamètre voulu.

1854. — *Fabrication des roues pleines*, par M. Renard. Ce brevet décrit un laminoir dont les cylindres laminent en porte-à-faux la roue qui est cintrée sur un axe mis en mouvement par le cylindre inférieur.

1854. — *Système de bandages de locomotives en acier fondu, fer et acier ordinaire*, par M. Dubost.

On prend une bande de fer ou d'acier de forme prismatique rectangulaire, qui a été étirée au martinet; sa longueur est proportionnée au diamètre que doit avoir le bandage; on la chauffe convenablement et on la met dans une matrice, et au moyen du marteau-pilon on l'écrase, jusqu'à ce que l'une des

faces se trouve élargie par aplatissement, puis on la passe au laminoir pour régulariser cette forme; on arrondit ensuite les quatre angles de cette barre, et on perce deux trous vers les extrémités; on réunit ces deux trous par une fente, puis, après avoir chauffé convenablement, on pointe dans son milieu un mandrin, que l'on enfonce au marteau-pilon, ce qui l'ouvre d'une manière sensible; on chauffe à nouveau, et agissant au moyen d'étampes appropriées, d'abord par un bout, puis par l'autre, on arrive à l'amener à la forme circulaire, le boudin du bandage étant formé par l'aplatissement dont il a été question au début; enfin on l'enfile sur un gabarit parfaitement cylindrique, et on laisse refroidir.

1854. — *Système de fabrication de roues de locomotives, tanders et wagons,* par MM. Russery et Lacombe.

Ce système, principalement applicable à la fabrication des bandages sans soudure, comprend quatre opérations distinctes : 1° le laminage des barres en forme de crémaillères à dents arrondies : deux barres semblables s'engageant l'une dans l'autre sont nécessaires pour la fabrication d'un bandage ; 2° l'enroulage des barres en les faisant passer de champ, par bout et à vis de pression, dans un laminoir qui a pour diamètre celui que l'on veut donner à la rondelle ; 3° le martelage ou le corroyage. La rondelle, arrivée au blanc soudant, est portée dans une matrice à gorge circulaire, et là, elle est soumise à l'action d'un marteau-pilon qui, en la frappant, l'écrase et lui fait prendre exactement la forme de la matrice, de sorte que l'on obtient ainsi un cercle d'un certain diamètre, uni à l'intérieur et muni extérieurement d'un rebord analogue à celui que doit avoir le bandage ; 4° le laminage au moyen d'un appareil spécial, décrit dans un certificat d'addition en date du 23 décembre 1855. Cet appareil n'est autre qu'un laminoir à axe horizontal. Le cylindre supérieur, au moyen d'engrenages et de vis, descend au fur et à mesure de l'étirage du cercle, et les cannelures se trouvent à l'intérieur des cages.

1855. — *Procédés pour la fabrication des bandages en acier naturel et en fer pour roues de chemins de fer,* par MM. Charrière et Cie.

Le procédé réside dans la répartition du fer et de l'acier par couches contiguës de bandes de forme rectangulaire.

1855. — *Procédé de fabrication des bandages de roues en fer pour wagons et locomotives,* par MM. Carvès et Frappa.

Le procédé consiste à enrouler en spirale une bande laminée au moyen de cylindres ellipsoïdes, afin de former l'aplatissement nécessaire à l'amorçage; puis on soude cette bande après l'avoir enroulée sur la matrice d'un marteau-pilon qui ferme l'amorce.

1855. — *Perfectionnements dans la fabrication des roues de chemins de fer,* par M. Duméry.

Les perfectionnements consistent dans l'application de cercles ou bandages en acier fondu sur la jante des roues au moyen de la force centrifuge. La roue à cercler, ayant été chauffée à une température convenable pour la soudure de l'acier fondu, est fixée solidement au centre d'un plateau pouvant prendre un mouvement de rotation accéléré. Ce plateau est muni d'un rebord ayant intérieurement la forme que l'on veut donner à la circonférence extérieure du bandage. Des dispositions sont prises pour que, à la coulée de l'acier, il y ait : 1° expulsion de l'air; 2° soudure ou adhérence de l'acier au fer; 3° interposi-

tion des sels nécessaires à la soudure; 4° pénétration de l'acier dans le cercle extérieur de la roue en fer.

1855. — *Procédés complets de fabrication des bandages de roues pour locomotives, tenders, wagons en fer, en acier, en fer aciéré,* par MM. Amiel et Decœur. Les auteurs forment d'abord une rondelle avec une bande laminée; l'enroulage se fait sur mandrin, puis on soumet la rondelle au pilonage et au soudage ainsi que cela se pratique ordinairement. Quant au laminage, il s'exécute en dehors des cages du laminoir.

1856. — *Procédés perfectionnés de fabrication des bandages de roues de wagons, tenders et locomotives,* par MM. Russery et Lacombe.

Les inventeurs préparent des rondelles qui sont superposées ensuite pour opérer un laminage en dehors des cages; le cylindre supérieur est maintenu par un étrier en fer qui l'empêche de se soulever quand on commence le laminage progressif. Les bandes qui servent à faire les rondelles sont laminées rectangulaires, puis superposées, en ayant soin de croiser les joints; quand la rondelle est faite on la soude par les moyens ordinaires.

1856. — *Fabrication des bandages de roues de locomotives et de wagons de chemins de fer,* par M. Verpilleux.

Les procédés décrits dans le brevet sont semblables, comme manipulation, à ceux du brevet précédent. Les rondelles sont seulement formées de deux bandes de fer, laminées suivant une section triangulaire, et qui, réunies, constituent le bandage, qu'on lamine à l'aide d'un laminoir qui offre cette particularité que le bandage se fait dans l'intérieur des cages; le cylindre inférieur est séparé au milieu de sa longueur pour permettre l'introduction de la rondelle.

1856. — *Fabrication des bandages de roues,* par M. Pretot.

La fabrication comprend une disposition de laminoir dont une des cages s'immobilise en se rabattant pour permettre l'introduction de la rondelle à agrandir. Une addition annexée au brevet résume les perfectionnements, qui consistent dans la préparation des barres devant former la rondelle.

1856. — *Procédés de fabrication des rondelles et bandages sans soudure,* par MM. Jackson frères, Petin, Gaudet et C[ie].

Ce brevet comporte : l'enroulage en spirale d'une barre de fer; son martelage dans des étampes ayant déjà la forme de la rondelle ébauchée; le système de laminoir qui étire la rondelle et en forme le bandage. L'enroulement s'exécute à plat, le martelage dans des matrices, en ayant le soin de mettre un anneau intermédiaire, puis vient le laminage.

1856. — *Perfectionnements dans la fabrication des rails et des bandages de roues,* par M. Stirling. Le breveté mentionne seulement l'application de l'acier, coulé en lingots de la quantité voulue.

1856. — *Système de fabrication, par la presse hydraulique, des bandages en fer des roues de wagons et d'engrenages,* par MM. Brignon et Goudet. Le système consiste à enrouler les bandes qui doivent former le bandage sur le piston d'une presse hydraulique; un ou plusieurs galets maintiennent le fer et lui donnent la section voulue, pendant que l'écrasement transversal de la rondelle a lieu.

1856.— *Perfectionnements dans les moyens de durcissement de la surface des rails, bandages de roues,* par M. Stirling.

Le durcissement est produit par le mélange de 3/4 à 1 0/0 d'oxyde d'étain dans le fer; tout oxyde terreux pourrait être également employé.

1856. — *Perfectionnements dans la fabrication des roues et bandages pour chemins de fer,* par M. Owen.

1856. — *Soudage des bandages en acier, fer, et fer et acier des roues de chemins de fer, dans une matrice ou par amorces,* par M. Michau. Brevet cédé en 1857 à la Société Blanc, Deville et Cie. Le système repose sur l'emploi d'une matrice se posant sur la chabotte d'un pilon, et ayant l'empreinte d'un bandage fini; le bandage, suffisamment amorcé, est posé à chaud dans l'empreinte où il est soudé d'une manière régulière et parfaite.

1856. — *Perfectionnements apportés aux bandages de roues et spécialement celles de chemins de fer,* par M. Dulac.

L'invention consiste à superposer des rondelles en entre-croisant les joints; la dernière rondelle a la section d'un gros fer à cornière, pour produire au laminage le rebord ou boudin des roues employées dans les chemins de fer.

1856. — *Système de fabrication des cercles de roues de wagons, locomotives et autres soudés et brasés au moyen de cuivre ou tout autre métal,* par M. Festugières.

Le cuivre est placé par couches minces entre les rondelles de métal, puis on saupoudre de borax, et l'on entoure la roue de terre réfractaire. On met ce paquet dans un foyer quelconque et l'on obtient ainsi une bonne soudure.

1857. — *Système de machines à percer les bandages et les jantes des roues de voitures,* par M. Bouhey. Le système consiste à adapter aux machines à percer ordinaires une mordache ou mâchoire mobile qui sert à pincer convenablement les jantes ou les bandages.

1857. — *Système de fabrication de bandages pour roues de chemins de fer,* par MM. Aubry et Châteauneuf.

Les auteurs commencent par préparer des paquets de formes creuses, qu'ils remplissent par des riblons ou massiots de fer sortant du four à puddler. On soumet ensuite ces paquets au martelage, puis au laminage.

1857. — *Perfectionnements dans la fabrication des bandages de roues,* par M. Robellet. Le système consiste à prendre une bande de fer carrée et à la faire passer dans trois cannelures successives de cylindres lamineurs pour obtenir une section de bandage d'une épaisseur convenable. En sortant de la dernière cannelure, les extrémités de la bande sont coupées en sifflet pour amorcer, et on contourne cette bande que l'on porte ensuite au four pour lui donner la température convenable. Le bandage est alors soudé et laminé à l'extérieur par la partie inférieure du cylindre jusqu'à la dimension voulue.

1857. — *Procédé de fabrication des bandages, cercles extérieurs de roues pour matériel de chemins de fer,* par MM. de Dietrich et Ce.

Ce procédé consiste dans le martelage d'une rondelle en fer dont on perce le centre et que l'on agrandit successivement dans des matrices, ou bien dans le forgeage de rondelles en acier fondu. Dans l'un ou l'autre cas, le bandage est amené au diamètre voulu au moyen d'un marteau-pilon à étampe qui agit au-dessus d'un galet-enclume, et le bandage, étant animé d'un mouvement lent de rotation et guidé par des rouleaux disposés pour s'écarter au fur et à mesure de l'agrandissement du cercle, présente successivement toutes les parties de sa circonférence,

1857. — *Procédés de fabrication des bandages de roues en acier fondu*, par M. Jackson. Les procédés consistent à couler de l'acier fondu dans un moule métallique ayant la forme de la roue qu'on veut obtenir; on porte ensuite la pièce dans un four à réchauffer, où elle acquiert la température nécessaire pour être soumise à l'action d'un pilon à vapeur. La tête du marteau de ce pilon porte un poinçon qui doit, en quelques coups, détacher la partie centrale de la pièce; la rondelle ainsi obtenue est successivement agrandie à l'aide d'un laminoir analogue à ceux que l'on emploie ordinairement. On peut aussi couler directement les roues dans le moule, en ménageant au centre un moyeu mobile, du diamètre convenable, et que l'on retire quand la pièce est fondue.

1857. — *Procédé de martelage des couronnes propres au laminage des bandes de roues de wagons, de locomotives, etc.*, par MM. Verdié et Cie.

Après avoir obtenu une rondelle d'un diamètre convenable, on soumet cette rondelle à l'action d'un marteau-pilon dont la tête et l'enclume sont découpées suivant une section trapézoïdale avec renflement à l'un des angles. On tourne le cercle au fur et à mesure du martelage, et l'on obtient un bandage que l'on peut terminer sur un laminoir approprié.

1858. — *Procédé de soudage des cercles, bandages de roues pour chemins de fer*, par M. Charrière. Le procédé consiste à souder les bandages, convenablement amorcés, dans un four à vent. L'amorçage est pratiqué à la manière ordinaire.

1858. — *Procédé pour la fabrication des bandages de roues*, par M. Périmel. Le procédé se rapporte à la fabrication d'un paquet soumis au marteau-pilon, et dans lequel on pratique l'ouverture centrale à l'aide d'un noyau métallique sur lequel bat la tête du marteau. On prend la rondelle à l'aide d'un ringard particulier, et on la lamine sur des cylindres en dehors des cages; ces cylindres sont retenus aux extrémités par une petite cage ou support supplémentaire qui empêche le porte-à-faux.

1858. — *Cémentation des bandages des roues pour véhicules de chemins de fer, et cémentation des rails*, par M. Buisson-Lalande.

L'inventeur décrit un four de cémentation dans lequel les roues sont superposées, en laissant un intervalle libre entre chacune d'elles pour que toutes les parties puissent être aussi bien cémentées.

1858. — *Perfectionnements dans les procédés de fabrication des bandages en acier fondu*, par MM. Petin, Gaudet et Ce.

Les moyens décrits dans ce brevet sont les suivants : on commence par couler de l'acier fondu dans une lingoterie cylindrique, puis on porte le lingot sous le marteau-pilon, après quoi on coupe la partie supérieure qui est un peu poreuse. On martelle ensuite debout le lingot, de manière à l'aplatir transversalement et à former ainsi une rondelle que l'on perce sous le marteau à l'aide d'un poinçon mobile. On change successivement le diamètre des poinçons pour agrandir le trou, et il ne reste ensuite qu'à marteler la rondelle. La rondelle ainsi martelée est soumise au laminage ordinaire usité dans la fabrication.

1858. — *Perfectionnements apportés aux procédés de fabrication des bandages de roues sans soudure*, par MM. Petin, Gaudet et Cie.

Les perfectionnements sont applicables à l'enroulage des bandes qui doivent constituer la rondelle, de manière à éviter l'écrasement. Dans un certificat d'addition en date du 31 janvier 1861, les auteurs mentionnent une disposition qui

consiste à ménager deux parties hélicoïdales, entre lesquelles sont placés des segments verticaux; de plus, une rondelle taillée en sifflet forme le centre. Après le martelage de la rondelle, on la réchauffe de nouveau, pour la laminer à l'aide du laminoir circulaire décrit dans les brevets antérieurs.

1859. — *Système de soudage des bandages de roues de wagons, locomotives*, par M. Conreur. Le brevet ne comporte qu'une disposition de laminage en porte-à-faux analogue aux systèmes déjà mentionnés.

1859. — *Fabrication des bandages de roues et de wagons, de locomotives ou de toutes autres pièces circulaires*, par M. Pinson.

Ce système de fabrication consiste : 1° dans la formation d'un paquet circulaire composé de plusieurs mises de fer puddlé, forgé, brut ou corroyé; 2° dans l'emploi d'un laminoir à axe horizontal, travaillant en dehors des cages. Du fer plat en bande est coupé en biseau à la sortie du laminoir, puis engagé encore chaud entre les galets d'une machine ordinaire à contourner et plier sur champ, de manière à ce que les deux bouts de la barre se trouvent ramenés l'un sur l'autre. Le paquet formé de un ou plusieurs cercles ainsi contournés et superposés les uns aux autres en croisant les joints, est porté au four et chauffé à la température soudante, puis de là directement au laminoir spécial qui soude le paquet, lequel est ensuite soumis au laminoir finisseur.

1859. — *Système de laminoir de bandages pour roues de wagons et de locomotives par pression hydraulique*, par MM. Duplay et Lachaise.

Les laminoirs travaillent en porte-à-faux, et la pression des cylindres est obtenue au moyen de presses hydrauliques qui remplacent les vis de serrage.

1859. — *Système de fabrication de bandages : 1° en acier fondu, 2° en acier, 3° en fer*, par MM. Duplay et Vidal. L'invention est caractérisée par une mise d'acier de proportion variable.

1859. — *Fabrication des rails et des bandages de roues*, par M. Martin.

Les perfectionnements sont résumés dans l'emploi des déchets de fer pour la formation des paquets destinés à être convertis en bandages et en rails.

1860. — *Mode de fabrication des bandages de roues de wagons et de locomotives pleines en acier fondu sans soudure*, par M. Delrieu.

Ce mode de fabrication consiste à mélanger dans de certaines proportions le fer et l'acier, de manière à obtenir un produit de meilleure qualité que celui employé d'ordinaire pour les roues et les bandages.

1860. — *Perfectionnements apportés aux bandages de roues de locomotives et de wagons de chemins de fer et aux moyens de les attacher*, par M. Kirkpatrick. On commence par contourner, pour en faire des bandages, des bandes de fer munies d'un appendice que l'on rabat ensuite sur le cercle intérieur des bras, afin d'obtenir un assemblage d'une grande solidité.

1860. — *Système de bandages et roues en fer ou en acier puddlé sans soudure pour chemins de fer*, par MM. Maillon et Deschamps.

Ce système de fabrication est le suivant : on place un lopin de forme ovoïde sous un marteau-pilon dont la tête fait corps avec un cône, et dont un des côtés est forgé avec une saillie; ce lopin est placé sur une plaque intermédiaire qui repose sur une chabotte tournante. On forge avec le cône jusqu'à ce que la pointe arrive à la plaque intermédiaire, que l'on enlève alors, pour que la pointe puisse traverser entièrement le lopin. Le marteau écrase le lopin tout en le traversant. On a le soin de tourner l'enclume sur sa chabotte, au fur et à mesure

du forgeage, en mettant un levier dans les trous, et l'on obtient ainsi un bandage grossier que l'on termine par les procédés en usage.

1860. — *Système de fabrication de bandages de roues de wagons et de locomotives de chemins de fer par pression hydraulique et à vapeur*, par MM. Duplay et Lachaise.

Le système consiste dans la formation d'une rondelle, par enroulement, sur une machine spéciale composée de galets, dont l'un, le presseur, est serré à l'aide d'une presse hydraulique. Cette rondelle est soudée et agrandie dans des matrices *ad hoc*, au moyen de poinçons coniques montés sur le nez d'un marteau-pilon; puis elle est laminée pour être amenée au diamètre voulu sur un laminoir à cylindres horizontaux, avec galets en porte-à-faux de la gage; le cylindre supérieur exerce une pression progressive au fur et à mesure de l'agrandissement, au moyen d'un système de leviers commandés soit par un moteur à vapeur, soit par une presse hydraulique.

1860. — *Perfectionnements dans la fabrication des roues de wagon* par M. Swain. L'invention consiste à fondre en creux, d'une épaisseur régulière et en formes arrondies, le bandage de la roue, les rayons et le moyeu, de manière à permettre une contraction facile dans le cas où quelques-unes de ces parties se refroidiraient plus vite les unes que les autres. Ainsi construites, les roues peuvent beaucoup mieux résister aux chocs, à la torsion, etc.

1860. — *Machine à cintrer les bandages de roues*, par MM. Sculfort, Malliar et Meurice. Cette machine est établie de manière à présenter une grande solidité et à maintenir un parallélisme parfait entre le cylindre fixe et le cylindre mobile. Le bâti vertical qui sert de guide à ce dernier est creux, et est muni de deux colonnes en fer qui le consolident; une de ces colonnes sert de centre quand on veut retirer le bandage qui a été contourné; car alors le bâti doit être mobilisé dans un plan horizontal. Pour atteindre ce but, on démonte une des deux colonnes, et le bâti-guide pivote sur l'autre.

1861. — *Procédé de fabrication des bandages de roues sans soudures*, par la Société des forges de Montataire. Ce procédé consiste à former une rondelle de lames superposées que l'on soude en la martelant; puis on perce la rondelle à l'aide d'un poinçon. La rondelle étant percée, on la réchauffe dans un four, et on la dispose sur un chevalet placé sur l'enclume d'un marteau-pilon dont la tête est estampée suivant la forme extérieure d'un bandage grossier.

1861. — *Perfectionnements apportés dans la fabrication des roues de wagons de chemins de fer et autres articles en acier fondu et en fonte malléable*, par M. Wilson. L'auteur procède à la fabrication en estampant directement dans des matrices *ad hoc* les roues préalablement coulées en acier fondu ou en fonte malléable.

1861. — *Perfectionnements apportés dans la confection des roues de wagons*, par M. Lester. L'invention réside dans l'interposition de caoutchouc comprimé entre les pièces de jonction des roues pleines fabriquées en deux parties réunies par des boulons. Cette disposition a pour but d'amortir les chocs produits sur les essieux par les inégalités de la voie ferrée.

1861. — *Appareil à courber le fer sur plat et sur champ*, par M. Roger.

Cet appareil n'est autre qu'un laminoir composé, comme une machine à cintrer ordinaire, de trois cylindres horizontaux dont l'écartement est assez grand; deux de ces cylindres sont fixes sur le bâti, et celui supérieur est rendu mobile

verticalement, pour varier la courbure à plat que l'on désire donner aux fers. Deux galets horizontaux et mobiles dans des cages rapportées sur le bâti servent à courber sur champ.

1863. — *Perfectionnements dans la construction des bandages de roues, aiguilles et croisements sur les chemins de fer*, par M. Anderson.

Ces perfectionnements consistent simplement dans un mode de trempe desdits objets qui, chauffés, sont plongés dans un bain d'huile.

1863. — *Perfectionnements dans la fabrication des bandages à rebord pour roues de chemins de fer, et de toutes pièces de forge pour machines marines et locomotives, des rails, essieux, blindages, etc., par la combinaison du fer et de l'acier fondu et par le soudage et le corroyage des deux natures de métal*, par M. Grand.

Ce procédé consite à ménager à la circonférence du bandage ou de la jante de la roue une gorge profonde, striée latéralement, et d'y couler de l'acier fondu, puis à forger les deux métaux afin d'en rendre la réunion intime.

1863. — *Perfectionnements apportés à la fabrication des bandages de roues*, par MM. F. W. Kitson et J. Kitson fils.

Le mode de fabrication proposé par les auteurs consiste dans la réunion de trois paquets de fer en un bloc de dimensions convenables. Pour transformer ce bloc en anneau, on commence par y pratiquer par le poinçonnage un trou allongé, que l'on agrandit en même temps que l'on contourne les bords. Après avoir chauffé ce bloc au rouge cerise, on le transporte sous une presse munie d'une table à jour et d'un mandrin conique, qui ouvre graduellement la fente pratiquée dans l'anneau plat jusqu'à ce qu'il ait atteint la forme circulaire. Cet anneau est ensuite soumis au forgeage, qui a lieu au marteau-pilon dans des étampes appropriées à cet usage.

1865. — *Appareil destiné à couler des rondelles en acier Bessemer ou en acier fondu pour bandages de roues de wagons, de tenders et de locomotives, ainsi que pour couler des anneaux de même métal pour les frettes à canon*, par MM. de Dietrich et Ce.

Comme l'indique le titre de ce brevet, l'invention réside dans les dispositions de l'appareil dans lequel s'effectue la fonte de l'acier destiné au bandage.

1865. — *Perfectionnements aux laminoirs servant à fabriquer les bandages de tous genres*, par la Société anonyme des chantiers et ateliers de l'Océan. Ces perfectionnements sont applicables aux laminoirs à axes verticaux (du système représenté sur la pl. 21), et ils consistent notamment : 1° dans une disposition d'engrenages mobiles avec leurs axes, ce qui permet aux cylindres lamineurs de se commander géométriquement, quelle que soit la distance de leurs centres; 2° dans la détermination des positions fixes des galets, lesquelles satisfont au cintrage, quel que soit, pendant le travail, le diamètre du bandage qu'on fabrique.

MACHINES OUTILS

MACHINE A RABOTER TRANSVERSALEMENT

ET A CHANTOURNER LES MÉTAUX

DITE

ÉTAU-LIMEUR

Exécutées par MM. F. ARBEY et Ce, constructeurs-mécaniciens à Paris.

(PLANCHE 22.)

Depuis la publication que nous avons faite dans le volume v de ce Recueil de la petite machine à raboter, à laquelle M. Decoster avait donné le nom de *limeur*, ce genre de machine a reçu d'importantes modifications. Aussi son emploi s'est-il généralisé à un tel point qu'il n'existe peut-être plus un seul établissement de construction de machine, petits ou grands, qui ne possède un ou plusieurs *étaux-limeurs*.

Il est vrai qu'il y a entre le limeur-Décoster dont nous avons donné le dessin et les étaux-limeurs en usage actuellement des différences extrêmement sensibles, si ce n'est en principe, au moins dans la construction générale de toutes les pièces dont l'outil est composé.

L'exposition universelle de 1855 avait déjà montré divers étaux-limeurs perfectionnés envoyés par M. Whitworth, de Manchester, M. Decoster, de Paris, l'usine de Graffenstaden et MM. Smith, Beacoch et Tannett, de Leeds. Nous avons publié dans le volume VIII une des machines de ces derniers constructeurs, bien connus en Angleterre.

Malgré que nous n'ayons rien de bien radical à signaler concernant les dispositions des étaux-limeurs depuis cette exposition de 1855, nous devons cependant constater pour ces machines, comme pour la plupart des outils de construction récente, une amélioration générale dans l'agencement des pièces, dans celles de leur forme et dans la manière

dont elles sont groupées sur un bâti plus solide, plus simple d'aspect et de construction, et présentant une plus grande rigidité dans toutes les parties.

Cette tendance générale de tous les constructeurs, tant français qu'étrangers, d'arriver à la perfection par la simplicité, soit en fondant d'une seule pièce les bâtis avec les divers supports, soit par le forgeage mieux compris des organes travailleurs, était aisément appréciable à l'Exposition universelle de Londres en 1862 pour tous les visiteurs qui, comme nous, connaissent à fond le matériel des ateliers de construction mécanique.

Mais pour rester dans l'examen spécial des étaux-limeurs, nous devons nous contenter de signaler ici, comme figurant à cette dernière Exposition, le système de limeur universel avec *deux tables* et mandrin tournant de M. Whitworth, qu'il faut toujours citer en première ligne lorsqu'il s'agit de machines-outils. Le grand modèle de ce constructeur devient une véritable machine à raboter, dite *universelle,* car la course de l'outil n'est pas moins de 0 m. 90, et il est à *retour rapide,* c'est-à-dire que par un mécanisme d'excentrique monté dans le plateau manivelle (1), l'outil, après son action relativement lente sur la pièce, revient avec une vitesse double ou triple pour attaquer à nouveau la pièce de métal qui, pendant ce temps, s'est déplacée de la largeur environ du taillant de l'outil.

Il est évident qu'une telle disposition a pour résultat une économie de temps dans le travail ; mais, malgré cela, les constructeurs français appliquent peu ce système qui demande beaucoup de précision dans l'ajustage, complique un peu la machine et par suite en élève le prix. On ne sera donc pas étonné de ne pas trouver ce mécanisme appliqué au modèle représenté sur notre dessin, pl. 22, dont le caractère distinctif est principalement la simplicité de construction.

Comme M. Withworth, M. Zimmermann de Chemnitz (Saxe) avait adopté le retour rapide de l'outil, et M. Hartmann, la disposition des deux tables ou plateaux qui permettent de raboter des pièces d'une grande longueur, comme aussi, à l'aide de deux chariots distincts et indépendants, on peut agir sur deux pièces ou bien à la fois sur deux parties plus ou moins rapprochées d'une même pièce.

M. Fairbairn, l'habile constructeur de Leeds, avait aussi envoyé à l'Exposition de 1862 un étau-limeur, dont le banc, encore plus ramassé et plus solide que celui des autres constructeurs, ne différait qu'en ce que le mandrin destiné aux pièces rondes pouvait se placer, à deux hauteurs différentes, en dessus et en dessous de l'axe fileté qui détermine son mouvement de rotation.

(1) Dans la machine à mortaiser le bois, construite à l'usine de Graffenstaden, que nous avons publiée dans le volume XI, un mouvement de retour rapide est appliqué au porte-outil.

M. W. de Muir, Manchester, avait envoyé un petit étau-limeur qui différait des précédents en ce que le bouton de manivelle, qui sert à commander la pièce glissante horizontale, à l'extrémité de laquelle est fixé le porte-outil, était monté directement sur l'arbre moteur c'est-à-dire sans intermédiaire de bielle, de la même manière que dans le limeur-Decoster publié vol. v; cette disposition offre l'avantage de permettre la réduction du volume de la machine en donnant la facilité de mieux grouper les pièces, mais aussi présente l'inconvénient de produire de grands frottements lorsque le bouton de manivelle correspond à ses points morts; aussi, par cela même elle n'est applicable, en dehors même de la plus grande usure et du supplément de force absorbée, qu'à des machines de petite dimension.

L'étau-limeur, représenté planche 22, que nous allons décrire, n'offre en réalité aucun caractère apparent de nouveauté, mais, comme nous l'avons dit, ce qui le distingue c'est la simplicité même de sa construction qui, très-bien entendue, présente toutes les garanties de solidité et de bon fonctionnement. C'est un modèle de dimension moyenne, tel que feu M. Foucher, mécanicien à Paris, dont nous avons publié la machine à fondre les caractères d'imprimerie à la fin du précédent volume, les établissait.

MM. Arbey et Cie qui, à la construction des machines à travailler le bois viennent d'adjoindre celles des machines-outils à métaux, ont adopté, comme type de fabrication, une grande partie des divers modèles de M. Foucher, mais en se proposant d'en augmenter le nombre et, en créant une usine hydraulique importante dans le Doubs, au Neuf-Gouffre, d'arriver, comme ils l'ont fait pour les outils à bois, à en livrer un grand nombre à l'industrie.

DESCRIPTION DE L'ÉTAU-LIMEUR

REPRÉSENTÉ PLANCHE 22.

La fig. 1re est une élévation latérale extérieure de la machine;

La fig. 2 en est une vue de face;

La fig. 3 un plan général vu en dessus.

La fig. 4 est une section horizontale faite à la hauteur de la transmission de mouvement qui permet le déplacement vertical du banc rainé le long de la face du bâti.

Les fig. 5 et 6 représentent, en section, le banc rainé et le mécanisme actionnant le mandrin, dans le cas où ce sont des pièces de forme arrondie qui sont soumises à l'action du burin.

La fig. 7 est une section transversale passant par la ligne 1-2 de l'étau parallèle, qui est destiné à maintenir les pièces dont les faces plates doivent être rabotées.

Enfin les fig. 8 et 9 montrent, en détails, l'assemblage de la bielle, d'un côté avec le coulisseau, coupé suivant la ligne 3-4, et du côté opposé avec la manivelle motrice.

Du bati. — On doit reconnaître tout d'abord, à la simple inspection de ces figures, que le but des constructeurs en établissant cette machine a été atteint, celui de joindre à une parfaite stabilité la plus grande simplicité dans l'ajustement des organes. Ainsi le bâti A est fondu d'une seule pièce avec une tablette horizontale sur laquelle sont fixés par les boulons à vis *b* les supports B, des deux arbres de la transmission, lesquels supports sont venus de fonte avec l'appendice B′, qui sert de guide au coulisseau du porte-outil et avec la paroi verticale concave A′, dont les côtés, dressés sur les faces et taillés latéralement à queue d'aronde, servent de guide et de support à la tablette en fonte C sur laquelle est monté le banc rainé C′.

Ce bâti, quoique présentant de larges empattements pour recevoir les boulons *a* qui le fixent au sol de l'atelier, et des épaisseurs convenables dans les parties servant de supports, n'en est pas moins une pièce pouvant être aisément fondue et d'un poids relativement peu considérable, en ce que des évidements nombreux y sont ménagés pour l'alléger, et des courbes disposées pour faciliter le dépouillement du modèle.

Mouvement du porte-outil. — L'arbre premier moteur D reçoit le cône de poulies étagées P, fondues avec le pignon *p* qui engrène avec la roue R, laquelle est clavetée sur le second arbre D′, parallèle au premier, et muni de la manivelle motrice M.

Un volant V a été ajouté à l'extrémité de l'arbre D pour assurer la régularité du mouvement, précaution qui n'est pas indispensable, car peu de machines de ce genre en sont pourvues, mais dont l'application ne peut être qu'avantageuse surtout pour des transmissions de mouvement de ce genre à vitesse ralentie et à petite course.

La manivelle M est munie d'une rainure dans laquelle peut glisser la tête, en forme de T, d'un boulon *d* (fig. 3 et 9), qui la relie à la bielle E, et que l'on peut serrer en un point plus ou moins rapproché du centre, jusqu'à 0^m15 d'écartement, afin de faire varier à volonté la course de l'outil, laquelle peut être alors, au maximum, de 0^m30.

L'autre extrémité de la bielle est reliée de la même façon par le boulon *d′*, dont la tête pénètre dans la rainure du coulisseau E′ (fig. 3 et 8), lequel, dressé sur ses quatre faces, est ajusté à frottement dans le guide B′, raboté lui-même bien exactement; de plus, pour faciliter l'ajustage et compenser l'usure qui se produit toujours après un certain temps de service, une règle en acier *e* a été rapportée en dessus, et son contact est assuré par les trois vis de pression *e′*.

Pour pouvoir dresser l'intérieur de ce guide du coulisseau, il a fallu laisser l'un de ses côtés complétement ouvert; pour le fermer, une joue latérale F (fig. 8) a été rapprochée, puis fixée au moyen des vis *f*.

Une ouverture oblongue a été ménagée dans l'épaisseur de cette joue pour livrer passage à la tête de la bielle. Celle-ci, comme son autre articulation sur le bouton de la manivelle, est montée sur une douille en bronze f', afin de faciliter la rotation et, par suite, adoucir le frottement.

La tête du coulisseau E' destinée à recevoir le porte-outil est dressée à cet effet, et présente de face des parties latérales circulaires avec ouvertures de mêmes formes pour le passage des boulons d'attache g de la pièce G, qui reçoit, dans des coulisses à queue d'aronde, le porte-outil proprement dit G'.

Cette disposition de coulisses circulaires permet l'inclinaison du porte-outil soit à droite, soit à gauche de la ligne verticale, et, par suite, donne la possibilité de raboter ou limer des surfaces inclinées suivant un angle plus ou moins ouvert par rapport à l'horizontal; disposition très-avantageuse obtenue ici d'une manière simple, plus simple par exemple, que dans la limeuse universelle de M. Withwort où le même effet est produit à l'aide d'une vis sans fin qui engrène avec un secteur denté faisant partie du porte-outil, ce qui exige un assemblage circulaire à queue d'aronde d'un ajustement difficile.

L'assemblage droit à queue du porte-outil, dans la pièce de tête G, permet, quelle que soit sa position, de régler sa hauteur afin d'approcher ou d'éloigner plus ou moins le taillant du burin de la pièce que l'on veut soumettre à son action. A cet effet, la vis h traverse un écrou fixé dans le porte-outil et est surmontée du petit volant à manette v, au moyen duquel on la fait tourner; et comme elle ne peut se déplacer verticalement, retenue qu'elle est dans son support, c'est le porte-outil qui monte ou descend, suivant le sens dans lequel on fait tourner le volant.

Le burin H est retenu par deux vis de pression h' dans une pièce H', monté entre les joues du porte-outil sur un tourillon i, qui lui permet de s'incliner et de glisser sur la surface rabotée pendant son mouvement en sens contraire de l'affût, c'est-à-dire quand le coulisseau se dirige de gauche à droite de la fig. 1 ; dans le mouvement inverse, le burin est arrêté verticalement, afin d'offrir la résistance nécessaire à l'effort que doit exercer son taillant pour attaquer le métal, par la tige i, engagée entre les joues du porte-outil et contre laquelle vient buter la pièce H'.

Du banc ou table pour le fixage des pièces a travailler. — Dans la plupart des étaux-limeurs, dans ceux du système Whitwork, comme dans celui de MM. Smith, Beacoch et Tannett, publié vol. x, l'établi qui reçoit les pièces à raboter reste fixe pendant le travail de l'outil, c'est alors celui-ci qui se déplace automatiquement de la largeur attaquée après chaque passe.

Dans le limeur de MM. Arbey et Ce, le contraire a lieu; c'est le banc rainé C', sur lequel les pièces se fixent, qui se déplace le long de la tablette C. Celle-ci, à cet effet, reçoit, dans des coulisseaux horizontaux

les rebords du banc; et son intérieur évidé est garni dans toute sa longueur de deux tiges horizontales I et I'.

La première est filetée pour recevoir l'écrou j, (fig. 5 et 6) fixé au banc, de façon à pouvoir l'entraîner, soit à droite, soit à gauche, suivant que la vis tourne dans un sens ou dans l'autre.

Ce mouvement, dont l'amplitude peut être de $1^m,500$, est produit, comme dans presque toutes les machines de ce genre, par un encliquetage dépendant de la commande principale. A l'extrémité de l'arbre D', est fixé le petit plateau j', qui, au moyen d'une coulisse pratiquée dans son épaisseur, fait l'office de manivelle en recevant un boulon à T, terminé par la douille j^2, dans laquelle pénètre et se fixe, par l'une de ses extrémités, la tringle J.

L'autre extrémité de cette tringle vient s'assembler dans la coulisse d'un levier J', monté sur un axe qui est prisonnier dans une oreille venue de fonte avec l'un des côtés extrêmes de la tablette C.

Sur ce même prisonnier est montée folle une petite roue K, dans les dents de laquelle s'engage le cliquet k, articulé sur le bras supérieur dudit levier J', de telle sorte qu'à chaque oscillation communiquée à ce cliquet par la tringle J, il fait tourner la roue d'une ou de plusieurs dents, suivant l'amplitude du mouvement transmis par la manivelle j'; amplitude que l'on règle à volonté au moyen de la coulisse dont cette manivelle est pourvue, et de celle que possède la branche inférieure du levier J'.

Ce mouvement angulaire, que l'on fait varier, comme on sait, suivant la nature du métal et les dimensions des pièces soumises à l'action de l'outil, est transmis à la vis I, par l'intermédiaire des petits pignons dentés k'.

Quand on veut changer le sens de rotation de la vis, il suffit, comme on sait, de renverser le cliquet, et sa dent, qui est double à cet effet, s'engage du côté opposé de son levier de commande.

Il nous reste à expliquer maintenant l'usage de la seconde tige I' placée, parallèlement à la vis I, à l'intérieur de la tablette C. Disons d'abord que cette tige n'est utilisée que dans le cas spécial où ce sont des pièces de formes arrondies, comme des têtes de bielles ou des roues d'engrenage ou à rochet qu'il s'agit de dresser.

Dans ce cas, le plateau rainé C' reçoit un mandrin, tel que celui représenté fig. 5, qui est composé d'une tige en fer l, muni de deux cônes L, entre lesquels la pièce à travailler se trouve maintenue par le serrage des doubles écrous l'. La tige l est vissée au centre d'une douille en bronze engagée dans une cavité pratiquée pour la recevoir dans l'épaisseur du banc rainé.

Cette douille transmet le mouvement à la tige l au moyen du pignon m qui y est claveté, et qui le reçoit de la vis sans fin m' (fig. 6) calée sur la tige horizontale I'. Cette dernière est actionnée, comme la vis,

par la tringle J, la roue K, son cliquet k et les petits pignons k', mais avec cette différence pourtant, c'est que le dernier pignon, au lieu d'être monté à l'extrémité de la vis I, doit l'être sur celle de la tige I', comme l'indique le cercle ponctué (fig. 1).

Pour placer la tablette C à la hauteur convenable, suivant les dimensions de la pièce à raboter et par rapport à l'outil, nous avons dit que cette tablette était ajustée à queue d'aronde, sur les bords dressés de la face verticale du bâti; elle est, de plus, munie d'un écrou en bronze R (fig, 5), traversé par la vis M, montée sur pivot.

C'est en faisant tourner cette vis, soit directement à l'aide du volant inférieur V', soit du volant v' (fig. 3 et 4), dont l'axe est supporté par une douille a', venue de fonte avec le bâti, que l'on fait monter ou descendre la tablette. A cet effet, l'axe du volant v' est muni d'un pignon d'angle n', qui engrène la roue M' fixée à la partie supérieure de la vis M.

De l'étau. — Les pièces à raboter d'assez grande dimension et de forme convenable peuvent se fixer directement sur le banc au moyen d'étrier et de boulons à T, que l'on engage dans les rainures; celles à chantourner, sur le mandrin à doubles cônes L (fig. 5), décrit précédemment; et enfin celles de petites dimensions, dans les mâchoires de l'étau (fig. 1, 2 et 7), dont le corps N s'attache par les quatre écrous n dans les rainures du banc.

L'une des mâchoires de cet étau est fixe, faisant partie du corps, et l'autre N' est mobile parallèlement sur celui-ci, qui est dressé à cet effet sur ses quatre faces et évidé intérieurement pour loger la vis S, laquelle traverse l'écrou s, fixé, en haut, à la mâchoire N', et, en bas, à une règle n' reliée à celle-ci par les vis o'.

Le serrage et le desserrage de la pièce a donc lieu parallèlement, en agissant, comme de coutume, sur la poignée S' à tige glissant dans la tête de la vis.

Bien des combinaisons d'étaux dits *parallèles* ont été imaginées depuis celle du limeur Decoster, décrite vol. V, mais nous ne pensons pas qu'aucune d'elles présente plus de simplicité que la disposition adoptée par MM. Foucher et Arbey; son exécution n'offre aucune difficulté, et, par conséquent, n'est pas dispendieuse; le serrage de la pièce est assuré et l'ajustement n'est pas susceptible de prendre du jeu rapidement.

Le poids total de l'étau-limeur que nous venons de décrire est de 2,400 kilogrammes, et son prix de 3,000 francs.

Le modèle au-dessous, du même système, de 0^{m},250 de course d'outil et 1^{m},100 de chariot, pèse 2,000 kilogrammes et est du prix de 2,600 francs.

Le plus petit modèle, ayant 0^{m},200 de course d'outil et 0^{m},680 de chariot, est du poids de 950 kilogrammes et coûte 1,300 francs.

FORME ET EMPLOI DES OUTILS D'AJUSTAGE.

M. Joëssel, ingénieur de la marine, ancien élève de l'École d'arts et métiers de Châlons, a publié, dans l'Annuaire de 1864 de la Société des anciens élèves, un rapport d'un très-grand intérêt sur des *expériences relatives à la forme et à l'emploi des outils d'ajustage faites à l'usine impériale d'Indret, à l'aide d'un dynamomètre de M. Taurines.*

Notre intention n'est pas de reproduire ce remarquable travail, mais seulement d'en extraire la partie qui a trait plus directement à la forme qu'il convient de donner au burin des machines à raboter.

« Dans les ateliers d'ajustage, dit M. Joëssel, le travail des outils consiste à couper de la matière; la matière détachée prend le nom de copeaux; le travail utile d'un outil peut donc s'évaluer en poids de copeaux. Parmi les éléments de prix de revient, le seul qu'il soit nécessaire de considérer ici, c'est le travail moteur nécessaire pour mettre l'outil en mouvement; ce travail peut s'exprimer en kilogrammètres. Si l'on parvient à déterminer les nombres de kilogrammètres absorbés par des outils de formes variées, pour détacher un poids constant de copeaux, ces nombres pourront servir de mesure à la valeur relative des outils essayés; le meilleur d'entre eux sera celui auquel correspondra le plus petit nombre. »

Tel est le problème que M. Joëssel s'est posé, c'est-à-dire celui de déterminer le travail résistant des outils sous diverses formes; c'est à l'aide du dynanomètre à rotation de M. Taurines que les expériences ont été faites.

L'auteur examine d'abord le mode de travail d'un outil d'ajustage qui, dit-il, peut être assimilé à la machine simple connue sous le nom de coin, mais dont les éléments prennent dans ce cas les noms suivants : l'angle t (fig. 10) s'appelle le tranchant, l'angle i, l'incidence sur la face à dresser, et l'arête du coin, l'arête coupante. Celle-ci n'est pas une ligne que l'on peut définir géométriquement, mais elle doit remplir un certain nombre de conditions qui suffisent pour déterminer sa forme.

Quand l'épaisseur de métal à enlever est très-petite, on peut donner au tranchant une forme plate d'une certaine largeur, mais cela devient impossible lorsque cette épaisseur dépasse un ou deux millimètres, parce que les outils ne reçoivent plus une résistance suffisante. Aussi, dans ce cas, a-t-on l'habitude de subdiviser l'opération, d'une part, en répartissant l'épaisseur de la matière en plusieurs couches que l'on enlève successivement, et, d'autre part, en réduisant la largeur de l'arête coupante.

On arrive ainsi à donner à l'outil, afin d'éviter une usure trop rapide, la forme d'une pointe un peu arrondie comme le représente la fig. 10. Après chaque passe principale, la surface de la pièce n'est pas lisse, mais

striée, et, s'il y a lieu, on en enlève les stries au moyen d'un burin à planer dont l'arête tranchante est horizontale et d'une certaine largeur.

La forme de l'arête coupante dépend donc essentiellement du genre de travail que l'on exige de l'outil; mais, dans tous les cas, sa partie active est déterminée par les valeurs des angles i et t. Les expériences de l'auteur ont eu justement pour résultat la fixation de ces derniers: ils sont :

Pour le fer.	Tranchant t = 51 deg.	Incidence i = 3
Pour la fonte.	Tranchant t = 51	Incidence i = 4
Pour le bronze.	Tranchant t = 66	Incidence i = 3

Ces angles sont indépendants de la nature des aciers employés à leur confection, et doivent rester les mêmes quelles que soient les vitesses de l'outil et les dimensions du copeau. On remarquera aussi que la différence entre l'angle d'incidence de l'outil pour le fer et la fonte n'est que de 1 degré; on peut donc, suivant l'auteur, adopter sans inconvénient les mêmes nombres pour les deux; cela simplifie à la fois la confection et l'affûtage des outils.

Voici, dit M. Joëssel, les conséquences économiques qui résultent de l'emploi des outils-types :

« Si l'on applique simultanément ces angles à tous les outils d'un atelier d'ajustage, le kilogramme de copeaux y sera obtenu avec un minimum de travail moteur. Les conséquences qui résultent de là pour de grands ateliers comme ceux de la marine, ont une importance réelle. Ainsi, à Indret, où les ateliers d'ajustage sont mis en mouvement par une force de 90 chevaux, la consommation de combustible est de 5 tonneaux par jour, représentant une somme d'environ 160 francs.

« Si on y employait des outils différant des outils-types de 6° seulement dans leurs angles essentiels, la force motrice, pour produire le même travail, devrait être :

$$\frac{1,3490}{0,9290} = 1,45 \text{ plus grande}$$

et la dépense journalière pour le combustible se trouverait, par suite, accrue de :

$$0,45 \times 160 \text{ ou } 72 \text{ francs.}$$

« Encore ce calcul suppose-t-il que la machine motrice se prête à cette élasticité d'allure; mais lorsqu'il n'en est pas ainsi, et par suite d'un accroissement dans la résistance des outils, le nombre des tours des machines diminue, les pertes peuvent encore devenir plus sensibles.

« A Indret, par exemple, dans quelques ateliers où les moteurs sont des locomobiles relativement faibles, l'emploi d'outils différant de 6° des outils-types dans leurs angles essentiels, réduirait au moins de 10 le nombre de tours nor-

mal 100 de ces machines. Si un pareil fait se produisait simultanément dans les ateliers de l'ajustage 1/10 de la solde journalière, qui est de 1,200 francs y compris les frais généraux, c'est-à-dire 120 francs, serait dépensé en main-d'œuvre sans avoir produit aucun résultat utile.

« A cela on peut ajouter les considérations suivantes :

« Le travail qu'un outil applique à la matière pour la transformer en copeaux réagit aussi sur lui-même et l'use à la longue; sa pointe s'échauffe et se détrempe peu à peu, et son tranchant s'émousse. Les outils-types, par le fait qu'ils absorbent le moins de travail pour enlever 1 kilogramme de matière, sont le moins soumis à ce fâcheux effet et durent le plus longtemps; nous avons reconnu qu'ils se conservaient en bon état avec un seul affûtage par journée de travail de 10 heures, pourvu toutefois qu'on ait le soin de les rafraîchir au commencement de chaque tiers; un mauvais outil, au contraire, est souvent usé au bout d'une heure de travail. En outre, les outils-types fatiguent le moins les machines porte-outils, et leur emploi a nécessairement une bonne influence sur la régularité et le fini des travaux d'ajustage. »

L'auteur fait suivre ces conséquences économiques des considérations suivantes sur la forme générale des outils d'ajustage :

« 1° Un outil doit pouvoir se forger en un petit nombre de chaudes, deux ou trois au plus; et sa partie active ne doit pas être obtenue par un refoulement, parce que cette opération altère la qualité de l'acier;

« 2° Son tranchant doit être dégorgé de manière à permettre l'affûtage et avoir une faible étendue, pour ne pas rendre cette opération trop pénible. La règle que l'on peut suivre à cet égard, c'est de faire la longueur de l'arête tranchante égale à une fois et demie à deux fois la largeur du copeau que l'on veut obtenir;

« 3° Sous le rapport de la solidité, un outil peut être considéré comme un solide encastré dans le porte-outil, et sollicité à son extrémité par une force égale à la réaction du copeau. Les sections, depuis l'encastrement jusqu'à la pointe, doivent donc varier conformément aux lois de la résistance des matériaux relatives à ce cas;

« 4° L'outil doit être combiné de manière à permettre au copeau de se dégager sans se briser. C'est pour cela qu'on a l'habitude d'incliner l'arête tranchante sur la direction du chemin que l'outil parcourt;

« 5° Dans les machines alternatives, le tranchant ne doit pas pénétrer de front dans la matière, mais successivement, d'abord par sa naissance, et en dernier lieu par sa pointe, de manière à éviter à la fois, et le choc qui tend à se produire au début des passes et la rupture de la pointe;

« 6° L'outil doit tendre à sortir de la matière et non à s'y engager, lorsqu'il cède sous l'action du copeau, soit par flexion, soit par le jeu de son chariot. C'est pour obtenir ce résultat que, dans les machines à raboter, la pointe du taillant est renvoyée en arrière de la face avant de l'outil, comme cela est indiqué fig. 10.

« 7° Enfin, l'outil doit demander, pour sa confection, le moins d'acier possible. C'est dans ce but que, dans quelques établissements, on a introduit l'usage des porte-outils en fer. L'outil, dans ce cas, peut être pris dans des barres de

faible échantillon; il en résulte, non-seulement une économie, mais encore une garantie de bonne qualité pour l'acier. »

M. Joëssel passe ensuite à la recherche de la vitesse relative, et des serrages avec lesquels il convient de faire fonctionner les outils d'ajustage.

Dans les machines à aléser, les machines à percer et les tours, la vitesse linéaire de l'outil est uniforme; dans les limeurs et les machines à buriner, ce mouvement étant obtenu au moyen d'une manivelle, on entend par vitesse de l'outil sa vitesse moyenne, c'est-à-dire la course entière divisée par le temps employé à la parcourir.

Le serrage a pour but de maintenir l'outil engagé dans la matière: dans les machines alternatives, il se fait au début de chaque passe secondaire.

L'allure rapide de l'outil, d'après les expériences de l'auteur, donne les meilleurs résultats comme production de travail, mais elle ne peut être augmentée, ainsi que le serrage, au delà d'une certaine limite, sans exposer l'outil à des échauffements qui le détrempent et font perdre beaucoup de temps en réparations et en affûtages.

Ainsi, dans les machines à mouvement continu, les tours, alésoirs, etc., on peut combiner 10 cent. de vitesse avec $0^{mill.}5$ de serrage; et, dans les machines à mouvement alternatif, limeurs, raboteurs, etc., 10 cent. de vitesse et 1 mill. de serrage.

Toutefois, ajoute l'auteur, il peut se présenter dans un atelier des circonstances où l'usage de nombres aussi élevés deviendrait désavantageux; c'est lorsque les travaux ne sont pas pressés, sans qu'il y ait lieu de réduire le personnel. Dans ce cas, les économies sur la force motrice sont les seules que l'on puisse faire; par conséquent, il faut mettre les machines-outils à une allure telle que, par kilogramme de matière enlevée, elles absorbent un minimum de travail.

La vitesse, qui donne la propriété à l'outil de couper un poids déterminé de matière avec un minimum de travail, a été trouvé :

Pour le fer, de.	55 mill.
Pour la fonte, de.	40
Pour le bronze, de.	65

Et le serrage des machines alternatives de $0^{mill.}15$ pour les petites: $0^{mill.}20$ pour les moyenne, et $0^{mill.}25$ pour les grandes.

La poulie motrice de toutes les machines-outils doit être calculée de manière à donner à l'outil une vitesse relative de 10 cent., lorsque le moteur développe son maximum de puissance; les vitesses inférieures ne doivent être obtenues que par le ralentissement du moteur.

APPAREILS DE LEVAGE

GRUES ROULANTES

A CHARIOT ET A VAPEUR

POUR LE TRANSBORDEMENT ET LE DÉCHARGEMENT DES MARCHANDISES

Exécutées par L. A. QUILLACQ, ingénieur-constructeur à Anzin

(PLANCHES 23 ET 24)

Dans un précédent article, nous avons décrit l'un des types les plus perfectionnés de grue roulante, à chariot mobile, actionnée à bras d'homme. Mais nous devons dire que, malgré les excellents services que rendent ces sortes d'appareils, d'ailleurs très-bien exécutés, et dont les manœuvres sont simples et faciles, le travail qu'ils peuvent produire est nécessairement limité, surtout lorsqu'il s'agit du soulèvement et du déplacement de fortes charges, en ce sens que le nombre d'hommes et, par suite, l'effort exercé étant relativement peu considérable, l'élévation du fardeau ne peut être produite qu'avec une extrême lenteur.

On a donc cherché à appliquer un moteur à vapeur, comme dans les grues à pivots, fixes ou locomobiles, afin d'obtenir pour les cas de marchandises lourdes, encombrantes et arrivant en grandes quantités, des avantages sérieux résultant à la fois de la promptitude des manœuvres et du personnel restreint employé pour effectuer les transbordements.

Mais alors, l'appareil doit, comme pour les ponts roulants en usage dans les ateliers de montage (1), pouvoir exécuter trois mouvements complétement distincts et relativement rapides, savoir : 1° l'élévation

(1) Nous avons donné, pl. 2 de ce volume, le dessin d'un très-beau pont de ce genre, étudié et exécuté sous la direction de M. Neustadt, pour les ateliers de l'arsenal de Brest.

de la charge ; 2° son transport avec le chariot dans le sens longitudinal du pont; 3° le déplacement de tout l'appareil sur les bords parallèles du quai, et perpendiculairement à l'axe du pont sur lequel roule ledit chariot.

Les exigences d'un tel service rendent, dans ce cas, le problème de l'application d'un moteur à vapeur plus complexe que pour les grues à pivot, qui n'ont que le fardeau à soulever, et dont l'orientation, qui ne demande relativement qu'un faible effort, se fait le plus ordinairement par les hommes de service qui sont toujours en nombre suffisant.

Devait-on faire usage alors d'une seule machine motrice, compliquée de trois transmissions et de deux débrayages, ou bien appliquer trois moteurs distincts agissant alternativement pour exécuter les trois manœuvres ?

M. Quillacq a résolu le problème des deux manières : sa première grue roulante à vapeur, pour laquelle il s'est fait breveter en décembre 1861, et qu'il a exécutée dans ses ateliers, et montée depuis à la gare de marchandises du chemin de fer du Nord, à La Villette, comportait trois cylindres à vapeur dont chacun des pistons agissait sur une transmission spéciale destinée à une manœuvre unique.

L'avantage de cette première disposition, que M. Quillacq a continué à appliquer sur plusieurs autres appareils actuellement en service, est de rendre les manœuvres extrêmement faciles, en même temps que, toutes les pièces du moteur et des transmissions se trouvant pour ainsi dire indépendantes les unes des autres, la visite, l'entretien et au besoin la réparation de chacune d'elles en particulier, peuvent se faire promptement, avec une grande commodité et, comme conséquence, par des ouvriers d'une habileté ordinaire.

Quand, au contraire, on dispose de bons ouvriers, très-exercés dans la manœuvre et l'entretien des machines à vapeur, comme le sont les mécaniciens employés dans les compagnies de chemins de fer, on peut faire l'application de mécanismes plus compliqués, exigeant plus de précision dans l'exécution et le montage, et peut-être aussi demandant plus de soin et de connaissances pratiques pour les faire fonctionner régulièrement.

Considéré sous ce point de vue, l'emploi d'une seule machine motrice peut paraître plus simple, et explique le choix qu'en ont fait MM. les ingénieurs des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Pour permettre à nos lecteurs d'apprécier les deux dispositions de grues roulantes à vapeur dont il s'agit, nous en donnons les dessins sur les pl. 24 et 25, et une description détaillée qui en fait bien voir la construction.

DESCRIPTION DE LA GRUE ROULANTE A VAPEUR DE DIX TONNES

REPRÉSENTÉE PLANCHE 23.

Il existe deux grues conformes à celle représentée pl. 24, toutes deux établies pour le service du chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée, l'une à Marseille, l'autre à la gare de Bercy-Nicolaï, à Paris.

La fig. 1 est une coupe longitudinale faite par le milieu de l'appareil complet en fonctionnement;

La fig. 2 en est une section transversale faite suivant la ligne 1-2, passant par le chariot, et vue du côté du générateur de vapeur;

La fig. 3 est au plan du pont en tôle, vu partie recouvert de son plancher, et partie les poutres découvertes et en sections;

Ces trois figures sont dessinées à l'échelle de 1/60 de l'exécution.

La figure 4 représente en détail, à une échelle double des figures précédentes, une section transversale partielle du tablier, des poutres et des consoles qui les relient aux chevalets;

La fig. 5 est une élévation de face du côté des leviers de manœuvre de la machine motrice;

Enfin, la fig. 6 montre en détail la disposition de la noix, avec laquelle engrène la chaîne servant à l'élévation des fardeaux.

On voit à l'inspection de ces figures que le mécanisme complet de cette grue comprend :

1° Un pont en tôle supporté par deux chevalets et sur lequel roule un chariot disposé de manière à transporter les fardeaux dans le sens longitudinal de l'appareil;

2° Un mécanisme de transmission permettant de faire circuler la grue tout entière, qui est portée par 4 roues reposant sur des voies disposées au niveau du sol, perpendiculairement à la longueur du pont;

3° Une machine à vapeur avec les organes nécessaires pour communiquer alternativement le mouvement d'élévation du fardeau, celui de translation du chariot sur le pont et le déplacement de tout l'appareil sur les voies;

4° Enfin, une chaudière tubulaire horizontale.

PONT ET CHEVALETS. — La charpente de cette grue est composée du pont en tôle A supporté par les deux chevalets en bois de chêne B, lesquels sont montés sur les quatre roues en fonte C, qui sont cerclées avec des bandages en acier. Les chevalets et le pont sont reliés au moyen des doubles consoles en tôle D et D', de manière à rendre l'ensemble d'une rigidité parfaite.

Les chevalets sont espacés de 12 mètres. Cette grande portée permet de placer de front, sous le pont, au moins trois véhicules, wagons ou chariots.

Le pont est formé de deux maîtresses poutres en tôle *a*, ayant cha-

cune 16m400 de longueur et 0m656 de hauteur. Ces poutres ont la forme d'un double T; l'âme a 6 millimètres d'épaisseur, les plates-bandes *a'*, du dessus et du dessous, ont 0m300 de largeur et 15 millimètres d'épaisseur; l'âme et les plates-bandes sont réunies par des cornières de 65 millimètres de côté et 9 millimètres d'épaisseur.

Les poutres sont assemblées vers les deux extrémités par des cloisons en tôle *b*, formées chacune d'une âme de 6 millimètres d'épaisseur, et de cornières de 65 millimètres de côté et 9 millimètres d'épaisseur; le milieu est libre pour permettre le déplacement du chariot; les cloisons sont, dans cette partie, remplacées par des armatures *b'*, en fer à T de 100 millimètres sur 70 millimètres et 10 millimètres d'épaisseur, destinées à empêcher l'âme des poutres de se voiler.

L'écartement des deux poutres est, d'axe en axe, de 1 mètre. En dehors se trouvent deux fers *c*, à double T, de 18 centimètres de hauteur, 10 centimètres de largeur et 10 millimètres d'épaisseur, qui sont parallèles aux poutres et reliés à celles-ci par des consoles en tôle *c'*, de 6 millimètres d'épaisseur, consolidées par des cornières de 55 millimètres de côté et 9 millimètres d'épaisseur.

Ces fers ont pour but de supporter les bords du plancher en bois E qui, ouvert au milieu, repose sur des longrines en bois *e* fixées aux plates-bandes supérieures des poutres; ce plancher est formé de deux épaisseurs superposées à joints inclinés en sens inverse, comme on le voit sur le plan fig. 3.

Les quatre consoles D, qui sont reliées, d'un côté, aux faces internes des montants verticaux B des chevalets, et, d'autre part, aux semelles horizontales des maîtresses poutres du pont, sont chacune réunies à celles-ci par des boulons (comme l'indique le détail au 1/10, fig. 7, qui est une section faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 1), au nombre de 12, placés de chaque côté, et serrés par de doubles écrous *d*, arrêtés par des goupilles. A l'endroit de la réunion du dessus des consoles avec les semelles des poutrelles, les têtes des rivets de celles-ci sont fraisées dans l'épaisseur de la tôle. L'âme des consoles D a 10 millimètres d'épaisseur, ainsi que ses cornières qui ont 100 millimètres de largeur et 70 de hauteur; des fers à T *d'*, de 100 sur 70 et 10 millimètres d'épaisseur, sont en outre appliqués sur les deux faces de ces consoles pour les consolider.

Les quatre consoles D', qui soutiennent le pont en dehors de la portée, sont moins développées, mais leur construction est identique aux premières.

Chariot. — Sur le plancher, directement au-dessus des deux grandes poutres, sont fixés parallèlement les deux rails Brunel, à double empattement *e'*, sur lesquels roulent les quatre galets à joues *f* du chariot, dont les essieux tournent dans des paliers qui font partie des deux flasques en fonte F, lesquelles, réunies par l'entretoise F' également en fonte, forment le chariot proprement dit.

Les flasques de ce chariot sont, en outre, reliées latéralement par deux forts boulons en fer f' (fig. 1), et, en dessus, par l'axe du galet à joues g, destiné à supporter la chaîne sans fin servant à sa translation, et qui, à cet effet, est attachée par ses deux bouts à l'entretoise du milieu au moyen de boulons à vis g', permettant de la tendre suivant le besoin. L'évidement inférieur de ces flasques est disposé pour recevoir les paliers des arbres en fer des deux poulies de renvoi en fonte G de la chaîne d'enlevage. Ces poulies, ainsi que celle G′ du crochet, portent à leur circonférence l'empreinte exacte de la chaîne, afin d'éviter la déformation de ses maillons.

Le chariot est aussi muni d'un timbre h (fig. 2), qui avertit le machiniste si, par distraction, il ne s'en apercevait pas, ou que le fardeau est arrivé à la hauteur maximum, ou, dans la manœuvre de sa translation, qu'il est arrivé à la limite extrême, à droite ou à gauche, de la portée du pont.

Dans le premier cas, c'est la sébile h', fixée au-dessus du crochet, qui, venant rencontrer le contre-poids H, le soulève, et, par l'intermédiaire de leviers, fait frapper le marteau sur le timbre; dans le second cas, le même effet est produit au moyen d'une tringle verticale i (fig. 2), fixée en un point déterminé sur le plancher, et contre laquelle vient buter un levier monté à l'extrémité de l'arbre qui porte le marteau du timbre.

Machine motrice et son générateur. — La machine à vapeur, comme on le reconnaît à l'inspection de la fig. 5, est à deux cylindres conjugués de 0m200 de diamètre intérieur et 0m200 de course; l'arbre moteur I, supporté par des paliers fondus avec les flasques du fort bâti en fonte I′, est par conséquent à double coude, comme ceux des locomotives à cylindres intérieurs; il porte à l'une de ses extrémités le pignon conique J qui, par la roue J′, l'arbre vertical K et la paire de petites roues d'angle K′, commande la transmission des galets de translation de la grue sur les voies du quai.

Le pignon J est monté fou sur l'arbre moteur, il ne peut alors transmettre le mouvement que lorsqu'il se trouve embrayé par le manchon conique de friction j, lequel se serre et se desserre par une vis que l'on manœuvre à l'aide du volant à manette j'.

A l'extrémité opposée de ce même arbre est clavetée la roue droite L qui, par une roue semblable, mais d'un plus grand diamètre L′ (fig. 1 et 5), actionne un arbre intermédiaire k, sur lequel sont montés fous deux pignons qui peuvent être débrayés ou embrayés à volonté, et qui commandent, l'un le mouvement d'enlevage, l'autre celui de la translation du chariot.

Ces deux mouvements sont communiqués au moyen des chaînes ordinaires M et M′, engrenant avec les noix m et m' qui, en fer forgé et cémenté, porte exactement l'empreinte des maillons.

La chaîne d'enlevage M, lorsque le fardeau monte, tombe dans une

caisse en tôle H', placée sous la noix ; elle est, à cet effet, guidée par un galet n (voyez fig. 1 et 6) dont l'axe est supporté par l'étui en fonte N, qui entoure la demi-circonférence de la noix pour servir de coursier à la chaîne dans cette partie, et par suite assurer l'engrènement de ses maillons dans les empreintes de la noix.

Quant à la chaîne M', qui sert à la translation du chariot, elle n'a besoin ni d'être emmagasinée ni guidée, puisqu'elle forme chaîne sans fin, en venant entourer la demi-circonférence de la poulie de renvoi à empreinte n' (fig. 1), et en ayant ses deux extrémités fixées à la traverse F'.

Le support N' de la poulie n' est fixé très-solidement aux maîtresses poutres du pont, parce qu'en outre de l'effort de traction que la chaîne M' exerce sur ce support, il sert en même temps de point d'attache à la chaîne d'enlevage M, qui est reliée à la forte traverse en fer, formant entretoise, au moyen d'une chape et d'un boulon.

Les tiroirs de la machine à vapeur fonctionnent par l'intermédiaire d'une coulisse de Stephenson l, que l'on manœuvre à l'aide du levier à main l' pour produire les changements de vitesse, ainsi que la marche en avant et en arrière. Le levier de mise en train o', qui permet l'introduction de la vapeur dans la boîte O, contenant les tiroirs de distribution, se déplace sur un secteur O' fixé à l'une des entretoises supérieures qui relient les deux flasques du bâti.

La machine est pourvue de deux freins destinés, l'un, à maintenir le chariot en place, l'autre, le fardeau en suspension ; quand les pignons de l'arbre intermédiaire sont débrayés, la poulie du premier est fixée sur l'arbre de la noix m', et son cercle de friction se commande par le levier P, placé à la disposition du machiniste, à droite de la machine (fig. 5). Le levier P' du second est à gauche, et le cercle de friction qu'il commande agit sur la circonférence de la grande poulie Q, fixée sur l'arbre intermédiaire k.

L'embrayage et le débrayage des deux pignons, qui sont montés fous sur cet arbre afin de transmettre alternativement le mouvement à l'une ou à l'autre des noix ou l'interrompre à volonté, est obtenu à l'aide de leviers articulés p, commandés par une tige filetée horizontale que le machiniste fait tourner à droite ou à gauche, en agissant sur la manivelle p'.

Le générateur de vapeur est une chaudière tubulaire horizontale Q', disposée exactement comme celles des locomotives ; elle est placée, par rapport à la machine, à l'extrémité de la grue. Cette disposition a peut-être l'inconvénient d'obliger à de longues conduites de vapeur, et d'occasionner un peu de condensation dans le trajet ; mais elle a l'avantage de reporter le poids des appareils à peu près également sur les deux chevalets.

L'alimentation se fait au moyen de la pompe q, fixée après le chevalet

du côté de la machine (1) ; elle est commandée par l'intermédiaire de la bielle en bois *q'* (fig. 2 et 5), dont la tête est reliée à un bouton de manivelle placée sur la roue d'engrenage L', fixée, comme il a été dit plus haut, sur l'arbre intermédiaire *k* de la machine motrice.

Sur le même chevalet et au-dessous de la pompe, est installée la bâche à eau R, dans laquelle on peut réchauffer l'eau, au moyen d'un tuyau communiquant avec l'échappement des cylindres à vapeur.

Le moteur et la chaudière sont préservés de la pluie par les toitures en tôle S qui les recouvrent, et qui sont supportées par des armatures en fer S', fixées sur le pont. Tout autour de celui-ci est disposée une rampe T, ou garde-fou en fer forgé, permettant de circuler sans danger.

Pour permettre au chauffeur de visiter au besoin l'intérieur de la boîte à fumée du générateur, un petit plancher T' (fig. 2), monté à charnière pour pouvoir être relevé, est appliqué à l'extrémité du pont, vis-à-vis la chaudière.

Afin de simplifier le service autant que possible, le combustible nécessaire pour alimenter le foyer, au lieu d'être monté à bras d'hommes par l'échelle de service U, est soulevée par le moteur au moyen de la corde U' qui, venant s'enrouler sur le tambour *s* (fig. 5), fondu avec la roue L fixée sur l'arbre moteur, passe sur les deux poulies de renvoi *s'* suspendues aux deux toitures, et descend verticalement par une ouverture ménagée au plancher près de la chaudière, et que l'on ferme à l'aide d'une trappe.

Mouvement de translation de la grue. — On a vu plus haut que la commande du mouvement de translation de tout l'appareil, sur la voie ferrée (fig. 1) établie sur le quai, est produite au moyen des deux paires de roues d'angle J, J' et K', lorsque le cône d'embrayage *j* se trouve serré sur l'arbre moteur de la machine (fig. 5).

Or, l'une des deux roues K' est fixée à l'une des extrémités de l'arbre horizontal *t*, qui, régnant sur toute la longueur du pont, est supporté de distance en distance par les supports *t'*, et formé de plusieurs sections réunies par des manchons.

Cet arbre reçoit, vers ses deux bouts, des pignons d'angle qui engrènent avec de petites roues semblables, fixées au sommet des deux arbres *u* et *u'*, montés verticalement de chaque côté des chevalets auxquels ils sont reliés par de petits supports en fonte munis de coussinets en bronze. De plus, ils reposent par leur partie inférieure sur des crapaudines et sont munis, directement au-dessus d'elles, des pignons d'angle *v* et *v'* qui engrènent avec les roues V et V'. Celles-ci sont montées

(1) Sur la fig. 2, qui représente le chevalet de droite, côté où se trouve la chaudière, nous avons indiqué la pompe, le réservoir d'eau et l'échelle de service, mais c'est sur le chevalet de gauche que ces engins doivent être appliqués. Nous nous sommes permis de faire cette transposition afin d'éviter la répétition d'une seconde vue du chevalet.

sur de petits arbres horizontaux x et x' qui portent, à l'extrémité opposée, les pignons y et y' engrenant avec les roues droites Y et Y', lesquelles sont fixées sur des arbres parallèles et munis des pignons qui commandent, en dernier ressort, les roues X, clavetées sur les axes des galets de roulement C.

TRAVAIL DE L'APPAREIL. — Par suite des rapports existant entre les roues et les pignons commandant l'arbre de la noix m qui, par l'intermédiaire de la chaîne M, élève le fardeau, cette noix fait 0 tour 134 pour un tour de l'arbre premier moteur, actionné directement par les bielles de la machine à vapeur. Ce qui correspond à un enroulement sur la noix de 0m 093, et, comme la chaîne est mouflée, l'élévation du fardeau ne se trouve plus être que de la moitié de cette quantité,

soit 0m 0465 par tour de la machine.

Or, en admettant que celle-ci fasse 60 à 65 tours par minute, 3 minutes au maximum suffiraient, pour élever un poids de 10,000 kil. à 3 mètres de hauteur. Cette vitesse d'ascension pourrait être aisément augmentée, car les machines sont disposées pour fonctionner à raison de 100 tours par minute.

Le fardeau soulevé, il faut opérer sa translation dans le sens longitudinal de l'axe du pont, ce qui s'obtient comme on a vu, en agissant sur la manivelle p' effectuant le débrayage des pignons de l'arbre intermédiaire k qui commande les deux noix m et m'.

Cette dernière fait 0 tour 216 pour un tour de la machine et enroule 0m 08 de chaîne : le chariot avance par conséquent de cette quantité,

soit environ 8 mètres par minute,

en admettant la vitesse de 100 tours pour la rotation de l'arbre premier moteur.

Le déplacement de tout l'appareil sur les voies ferrées du quai, après que l'on a débrayé les deux pignons de l'arbre intermédiaire et serré le cône de friction j, peut être produit, en admettant une vitesse de 200 tours pour la machine, à raison de 8m 700 par minute.

Le rapport des engrenages donne, en effet, 0 tour 0154 pour un tour de la machine, ce qui, par conséquent, fait avancer les galets sur leurs rails, ceux-ci ayant 0m 90 de diamètre, de :

$$0{,}90 \times 3{,}14 \times 0{,}0154 = 0^{m}0435,$$

$$\text{soit } 0^{m}0435 \times 200 = 8^{m}700 \text{ par } 1'.$$

Le poids de cette grue est, en métaux ouvrés, de 29,900 kilog., et en bois de chêne, de 9,100 kilog.,

soit, pour le poids total, de 39,000 kilogrammes.

DESCRIPTION DE LA GRUE ROULANTE A VAPEUR

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 ET 2 DE LA PL. 24.

Cette grue ne diffère pas, quant aux dimensions principales et à la construction de la charpente, de celle que nous venons de décrire; mais les diverses transmissions de mouvement, et surtout l'agencement et les dispositions de la puissance motrice, présentent des différences très-sensibles. Le constructeur a eu en vue principalement la suppression des chaînes en leur substituant des arbres. Il est ainsi parvenu à transmettre les mouvements d'une manière continue et sans saccades.

Ainsi, au lieu d'une seule machine à vapeur à deux cylindres accouplés, ce sont trois machines distinctes qui, fonctionnant chacune séparément, transmettent les trois mouvements :

1° D'enlevage du fardeau, au moyen d'un treuil à chaîne mouflée;

2° De déplacement du chariot dans le sens longitudinal du pont;

3° De la translation de la grue sur les voies ferrées du quai.

En outre, les trois machines, montées avec tous leurs accessoires sur une même plaque en fonte, sont disposées verticalement contre l'un des chevalets, de sorte que le machiniste, au lieu de se tenir sur le pont, se trouve à une faible distance du sol, sur un petit plancher disposé à cet effet.

L'élévation longitudinale de cet appareil, fig. 1, et la vue par bout du côté des machines motrices, fig. 2, permettront d'en bien apprécier la disposition.

On voit tout d'abord que, comme nous venons de le dire, la charpente de cette grue, composée du pont en tôle A relié par les consoles D et D′ aux chevalets B et B′, ne diffère pas de la grue précédemment décrite.

On reconnaît aussi que les trois cylindres à vapeur I, J, K sont fixés verticalement sur la même plaque en fonte L, boulonnée solidement contre le chevalet de droite B, lequel est garni à cet effet d'un cadre en charpente destiné à le renforcer.

Élévation du Fardeau. — Le cylindre I, placé au milieu des deux autres, est, comme on le remarque, d'un diamètre plus fort; car, c'est lui qui commande l'élévation de la charge. A cet effet, la tige de son piston est reliée par la bielle à fourche I′ à l'arbre coudé *i*, muni des deux volants *l* et du pignon d'angle *i′*. Celui-ci engrène avec la roue *l′*, fixée à l'extrémité inférieure de l'arbre vertical L′, lequel commande, par le pignon *m* et la roue d'angle *n*, l'arbre horizontal N, placé parallèlement aux maîtresses poutres du pont, et régnant sur presque toute sa longueur.

Cet arbre donne le mouvement au treuil G, au moyen du pignon *g* et de la roue d'angle G′; il est supporté à ses deux extrémités par deux paliers fixés sur le tablier du pont, et entre ceux-ci par des équerres

mobiles g', terminés des deux bouts par des fourches, entre lesquelles l'arbre passe et se repose, et qui oscillent sur des tourillons fixes, afin de livrer passage au chariot, et pouvoir se relever immédiatement derrière lui, de sorte que cet arbre ne reste jamais sans soutien.

Le pignon g, qui engrène avec la roue d'angle G', tourne dans un manchon monté sur l'arbre N, au moyen d'une clavette engagée dans une rainure existant dans toute sa longueur, et qui, de plus, est relié au chariot, de telle sorte que celui-ci, en se déplaçant, l'entraîne toujours pour le maintenir constamment engrené avec sa roue, quelle que soit la place qu'il occupe sur le pont.

Le chariot est formé d'un châssis en bois F, porté par deux essieux et quatre galets à joues f qui reposent et roulent librement sur les deux rails Brunel e', fixés directement au-dessus des maîtresses poutres a du pont en tôle.

Déplacement du chariot. — La tige du piston du cylindre J transmet par la bielle J' le mouvement à l'arbre j, muni du volant p et du pignon d'angle j'; celui-ci engrène avec la roue n, dont l'arbre vertical M' reçoit à son sommet le pignon p' qui, par la roue d'angle P', commande l'arbre horizontal M'.

Ce dernier, placé parallèlement à l'arbre N, est comme lui supporté à ses extrémités par deux paliers fixes, et en deux points également espacés sur sa longueur, par des équerres o qui, en oscillant sur un centre fixe, présentent alternativement chacune de leurs branches.

Cet arbre M' est muni du pignon d'angle m, qui est maintenu engagé dans les dents de la roue F', calée sur l'axe d'un des galets du chariot au moyen d'un manchon à clavette, lequel, boulonné au bâti F par une patte venue de fonte, glisse dans une rainure pratiquée sur toute la longueur de l'arbre.

Translation de la grue. — Cette manœuvre s'effectue à l'aide du cylindre à vapeur K, dont la bielle K' actionne l'arbre k muni du volant S et du pignon k', lequel engrène avec la roue d'angle s, fixée vers le milieu de l'arbre vertical u.

Par sa partie inférieure, cet arbre, au moyen du pignon v, de sa roue d'angle V, et du pignon droit x engrenant avec la roue X, donne le mouvement à l'un des galets C, sur l'axe duquel cette dernière roue est fixée.

Pour que l'avancement des deux chevalets ait lieu bien parallèlement, une transmission semblable est établie de l'autre côté, afin d'actionner le galet qui se trouve vis-à-vis du premier commandé. A cet effet, l'arbre u est muni à son sommet de la roue d'angle s' qui engrène avec celle t, fixée sur l'arbre horizontal T, dont le bout opposé, au moyen de la paire de roues d'angle t', donne le mouvement à l'arbre vertical u' qui, en définitive, commande le galet par les engrenages u', v' et x', X'.

DESCRIPTION DE LA GRUE DE DÉCHARGEMENT DES BATEAUX

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 3 A 7 DE LA PL. 24.

Comme dans l'appareil précédent, les trois mouvements d'enlevage, de déplacement du chariot et de translation sur la voie ferrée, sont commandés dans cette nouvelle grue par trois machines à vapeur séparées; mais, au lieu que ces machines se trouvent groupés sur une même plaque fixée verticalement contre l'un des chevalets, elles sont installées sur le pont, à l'extrémité opposée du bord du quai.

La fig. 3 représente cette grue en élévation longitudinale;

La fig. 4 en est une section transversale, faite suivant la ligne 1-2.

La fig. 5, un plan vu en dessus de la partie droite du tablier, sur laquelle sont montées les trois machines motrices.

Ces trois figures sont dessinées au 1/120 de l'exécution, c'est-à-dire à une échelle moitié plus petite que celles des figures 1 et 2, représentant la grue décrite plus haut.

Les fig. 6 et 7 montrent en détails, de face et de côté, la disposition des engrenages opérant le mouvement de translation.

Comme on le voit, la charpente de cette grue est complétement en bois. Les poutres formant le pont se composent chacune de trois longrines A, placées à côté l'une de l'autre et réunies par des boulons : celle du milieu est en chêne, elle a 0^m400 de hauteur et 0^m120 d'épaisseur; les deux autres sont en sapin, et ont une section de 0^m400 sur 0^m200.

Ces poutres sont soutenues par les tirants de suspension *a* en fer, de 45 mill. de diamètre, supportés par les consoles *b* et roidis au milieu par les émérillons *a'*.

Les chevalets B et B' sont en chêne, leur assemblage avec les poutres est consolidé par les consoles en fonte *b'*. Les poutres dépassent le chevalet du côté du bord du quai d'environ 5 à 6 mètres, afin que le chariot roulant puisse avancer jusqu'au-dessus du bateau dans lequel on prend les fardeaux.

L'écartement des poutres est, d'axe en axe, de 2^m900. Cette grande largeur a pour but de permettre aux fardeaux volumineux de passer entre les montants des chevalets, quand on les transporte du bateau sur le quai, ou réciproquement.

Le plancher nécessaire pour circuler sur le pont de la grue est porté par de petites consoles en fer plié, qui sont fixées aux poutres longitudinales A; à l'extrémité de chaque console est placé un montant pour le garde-fou.

L'enlevage se fait au moyen du treuil à gorge G, dont l'axe tourne dans des paliers fixés sur le chariot roulant, lequel est formé d'un châssis en bois porté par deux essieux garnis des quatre galets *f*.

La machine commandant ce mouvement est composée du cylindre

horizontal à vapeur I, actionnant le treuil par l'intermédiaire des deux paires de roues d'angle i, l, g, G', et de l'arbre horizontal N, de 90 mill. de diamètre et de 18 mètres de longueur, placé sur le pont parallèlement aux poutres. Le pignon g, qui engrène avec la roue G', tourne, comme dans la grue précédente, dans un manchon fixé au chariot, de manière à le faire glisser sur l'arbre, quand le chariot se déplace longitudinalement.

La machine J qui opère ce déplacement est montée horizontalement à côté de celle I ; elle actionne un pignon j' qui commande la roue droite P', dont l'axe est muni d'une noix m' (fig. 4 et 5) engrenant avec la chaîne sans fin M.

La translation de la grue sur les voies du quai a lieu sur les quatre galets en fonte C, cerclés avec des bandages en fer de 0m850 de diamètre extérieur. Deux de ces galets qui se font vis-à-vis sont mis en mouvement par la petite machine verticale à vapeur K, qui actionne, par le pignon k et la roue s, l'arbre horizontal T, T', et celui-ci, par les deux paires de roues d'angle t et t', les arbres verticaux u et u'. Ces derniers, comme dans la grue précédente, font tourner les galets par l'intermédiaire des pignons v et x et des roues V et X (voir les fig. 6 et 7).

L'arbre horizontal de transmission T, T' est formé de deux tronçons, superposés et réunis vers le milieu par de petits pignons. Cette combinaison, en limitant à la moitié de sa longueur la transmission, a pour but d'éviter la torsion de cet arbre.

Les trois machines sont alimentées de vapeur par la chaudière tubulaire verticale Q', fixée au chevalet qui est sous les machines. Cette disposition évite tout entraînement d'eau du réservoir de vapeur dans les cylindres ; de plus, le générateur étant placé à une très-faible hauteur au-dessus du sol, il n'est pas nécessaire de monter le charbon, et l'un des hommes occupés à la manœuvre des fardeaux peut entretenir le feu. L'alimentation de la chaudière est faite par un injecteur Giffard, qui prend son eau dans une bâche placée près de la chaudière.

En supposant la chaîne de traction M mouflée, cette grue peut enlever 12,000 kilogrammes ; sa portée, mesurée d'axe en axe des chevalets, est de 12m500.

Le cylindre à vapeur de la machine qui commande le treuil a 0m250 de diamètre intérieur, et son piston une course de 0m250 ; la pression moyenne effective peut s'élever à 5 atmosphères. Le treuil a 0m300 de diamètre, et d'après les rapports des engrenages qui l'actionnent, il fait 0,08 pour 1 tour de la machine. Le fardeau monte donc de :

$$\frac{0,300 \times 3,14 \times 0,08}{2} = 0^{m}038$$

pour une révolution complète de l'arbre premier moteur.

Le cylindre de la machine opérant le déplacement du chariot a 0m140 de diamètre, et son piston une course de 0m250 ; la noix fait

pour une double pulsation 0^t145, et par suite enroule 0^m800 de chaîne, par conséquent le chariot avance de cette quantité à chaque révolution de l'arbre moteur.

La machine qui commande le mouvement de translation de la grue a un cylindre de 0^m200 de diamètre, et un piston de 0^m250 de course. Les galets font $0^t 0334$ pour un tour de l'arbre à manivelle, et font, par conséquent, avancer la grue de

$$3,14 \times 0^m85 \times 0,034 = 0^m089.$$

Deux grues, exactement semblables au modèle représenté fig. 3 à 7, fonctionnent, l'une, sur le canal Saint-Martin, l'autre, sur le quai de la Cunette, à Paris, où elles servent spécialement au déchargement des bateaux de pierres.

Il y a à la gare des marchandises du chemin de fer du Nord, à La Chapelle, cinq grues dont le mécanisme des machines motrices est en tout conforme à celui appliqué à la dernière grue décrite, mais dont la charpente est un peu différente; ainsi, le bec destiné à laisser avancer le chariot, roulant en porte à faux au-dessus des bateaux, n'existe pas.

Les grues du chemin de fer du Nord sont les premières établies; elles fonctionnent depuis plus de deux ans à l'entière satisfaction des ingénieurs de la Compagnie.

En pratique, on peut estimer, d'une manière générale, comme résultats économiques que présentent ces appareils relativement à ceux manœuvrés à bras d'homme, un travail double environ et une diminution de moitié dans le personnel.

MM. Pinant, Bellier et Cie, propriétaires des grues du canal Saint-Martin et du quai de la Cunette, effectuent le déchargement de 70 mètres cubes de pierres blanches par jour, avec une seule grue de ce genre et un personnel très-restreint.

OBSERVATIONS SUR LE TRAVAIL COMPARATIF

ENTRE LES GRUES A VAPEUR ET LES GRUES A BRAS.

L'application des moteurs à vapeur aux appareils de levage, ordinairement mis en jeu à bras d'homme, fait naître la question de savoir si cette substitution est, en général, avantageuse, économique, et quel est d'ailleurs son but final.

Cette dernière partie de la question est facilement résolvable, car la solution s'en présente naturellement de suite à l'esprit.

Un moteur à vapeur permet toujours de concentrer dans un espace déterminé une somme de puissance beaucoup plus grande qu'on ne pourrait le faire avec des hommes; il devient donc possible, avec son aide, d'exécuter certaines opérations avec une célérité que l'emploi d'aucun moteur animé ne permettrait jamais d'atteindre.

Mais quant à la partie purement économique de la question, il peut exister certains doutes qui ne peuvent être levés qu'à l'aide d'un examen un peu approfondi et surtout des expériences directes.

Il paraît rationnel que l'application d'un moteur à vapeur conduise à des mécanismes de transmission plus compliqués que pour la commande par bras d'homme, mécanismes qui absorbent, en résistances passives, une partie plus ou moins grande de la force motrice : mais cette objection n'aurait de réalité que si ce moteur à vapeur n'était substitué qu'à un petit nombre d'hommes, c'est-à-dire s'il n'était appelé qu'à remplacer quatre ou six hommes qui peuvent travailler à la fois, sans trop de désavantage, sur un appareil de levage, soit un treuil ou une grue, dite de grande puissance.

Si nous trouvons, en effet, que ce moteur à vapeur fait le travail qui correspondrait à trente ou quarante hommes, la question change de face; car on ne voit même pas à quelle complication de mécanisme on arriverait pour la disposition d'une grue capable de recevoir l'action simultanée de quarante manœuvres agissant pour l'élévation d'une même charge.

Il est vrai que, si l'on compare directement l'effet théorique de la vapeur, ou son effet produit sur le piston moteur, à l'effet rendu qui est, en définitive, élévation de la charge, on trouve un décevant résultat. Supposons, par exemple, que la puissance disponible sur le premier arbre de la machine soit égale aux 65/100 de celle effective de la vapeur sur le piston, et que le mécanisme de transmission de cet arbre, au point d'application de la charge soulevée, absorbe, en résistances passives, 30/100 de cette puissance disponible :

Il faudra donc en conclure que l'on n'a utilisé réellement que :

$$0,65 \times 0,70 = 0,455$$

soit moins de moitié de la puissance effective, développée par la vapeur.

Cela est vrai. Mais si faiblement utilisée qu'elle soit, cette force est moins dispendieuse que ne le serait celle des hommes bien employés, surtout s'il fallait en réunir sur le même appareil un nombre suffisant pour équivaloir à la machine à vapeur.

Enfin, cette question de l'économie finale que l'on doit réaliser, en substituant le moteur à vapeur aux hommes pour des appareils puissants, est absolument démontrée par les procédés de M. Castor, grand entrepreneur de travaux publics, qui, pour des élévations et transports de grandes masses de terre ou de sable, n'a fait usage que d'appareils élévatoires à vapeur, grues, treuils, etc., et qui, à l'aide de ces engins perfectionnés, a réalisé, sur les prix ordinaires de main d'œuvre, des bénéfices considérables.

Les appareils de M. Quillacq se trouvent précisément établis dans cette condition, où l'importance du travail à effectuer correspondrait à

un nombre d'hommes qu'il n'est pas possible de faire agir simultanément pour une même opération.

Prenons comme premier exemple la grue roulante dite de 10 tonnes, et à une seule machine.

Il est dit que cette charge maxima doit être soulevée à la vitesse d'environ 3 mètres par minute, soit de 0m0465 par tour de la machine motrice, celle-ci en faisant 65 révolutions par minute.

Cette vitesse d'ascension répond aussi à 0m05034 par seconde, ce qui donne pour le travail réel produit :

$$0^{m}05034 \times 10{,}000^{k.} = 503{,}4 \text{ kilogrammètres.}$$

Mais si l'on admet, comme ci-dessus, que le mécanisme de transmission absorbe 30/100, en résistances passives, il ne faudrait pas compter sur une puissance utile disponible moindre que :

$$\frac{503}{0{,}7} = 716 \text{ kilogrammètres.}$$

Or, si cette puissance devait être développée par des hommes, et qu'on exigeât même 15 kilogrammètres de chacun d'eux, ce qui est plutôt excessif qu'ordinaire pour un pareil travail, il faudrait :

$$\frac{716}{15} = 47{,}7, \text{ soit } 48 \text{ hommes.}$$

Il est donc évident que, pour opérer aussi activement, l'emploi des hommes n'est pas possible.

Voici maintenant ce qui résulte de la comparaison entre ce travail à effectuer et les conditions de marche de la machine motrice, qui comprend deux cylindres agissant sur le même arbre moteur :

Diamètre des cylindres . . . . 0m200.
Course des pistons. . . . . 0m200.

Avec la vitesse de 65 tours par minute, et en admettant que l'arbre à manivelle reçoive 50/100 de la puissance effective développée par la vapeur sur les pistons, une telle machine correspond à la force suivante (1) :

328,5kgm. ou 7ch.3 Avec une pression absolue de 5 atm.
394,5kgm. ou 8ch.76. Id. id. de 6 atm.

Les mêmes comparaisons effectuées à l'égard de la grue de 12 tonnes donnent des résultats aussi concordants.

Avec la même vitesse d'élévation que précédemment, c'est-à-dire 0m05034 par 1″, et l'ascension de la charge étant de 0m038 par tour de machine, celle-ci doit faire 82 tours par minute.

(1) Voir à ce sujet les tables données dans notre *Traité des moteurs à vapeur*.

La puissance théorique absorbée égale :

$$0^{m}\,05034 \times 12{,}000 = 604.\,6 \text{ kilogrammètres},$$

soit, pour la force disponible nécessaire :

$$\frac{604{,}6}{0{,}7} = 862 \text{ kilogrammètres}$$

Force qui ne pourrait être fournie que par 55 à 60 hommes au moins.
Les dimensions de la machine motrice sont les suivantes :

Diamètre du cylindre . . . . $0^{m}250$
Course de piston . . . . $0^{m}250$

Avec 82 tours par minute, cette machine est capable de développer, en puissance disponible, sur l'arbre à manivelle :

$760{,}5^{kgm.}$ ou $16^{ch.}90$. Avec une pression absolue de 5 atm.
$912{,}6^{kgm.}$ ou $20^{ch.}28$. Id. id. de 6 atm.

On remarque que l'examen qui précède ne concerne que la partie relative à l'élévation de la charge qui constitue le travail principal de chaque appareil. Mais si l'on pouvait, avec la même facilité, étudier les conditions d'effets des moteurs à vapeur, appliqués soit à la translation du chariot, soit au roulement de la grue sur la voie ferrée, on arriverait au même résultat, c'est-à-dire, en résumé :

Que l'emploi de la vapeur, comme force motrice dans les appareils de ce genre, devient de rigueur lorsqu'on doit opérer avec une célérité telle qu'un nombre d'hommes suffisant n'est plus admissible ; et qu'en outre, dans une pareille situation, cette force motrice ne peut être onéreuse comparativement au résultat obtenu.

NOTES COMPLÉMENTAIRES.

Nous avions achevé l'étude qui précède, lorsque, dans le compte rendu de la séance du 1er septembre de la *Société des Ingénieurs civils*, nous avons lu un rapport de M. Maldant sur le même sujet. Nous allons en extraire les renseignements qui étendent ou complètent en partie nos propres appréciations.

M. Maldant prend pour exemple l'application qu'il a faite à Bordeaux de quatre grues à vapeur qu'on lui avait permis d'installer *à ses risques et périls*, l'autorisant à les exploiter pendant cinq ans, moyennant une *redevance de 50 centimes à payer à la chambre par tonneau*, chargé ou déchargé, et l'allocation *d'un prix net de 1 fr. 50 par tonneau* à percevoir par lui pour le chargement ou le déchargement des navires, *arrimage et désarrimage compris*.

Dans ces conditions, M. Maldant explique que son entreprise est devenue si fructueuse qu'elle lui a rapporté un peu plus de 100,000 fr. pendant les cinq ans de sa concession, soit environ 200 p. 100 par an du capital qu'il avait dépensé.

« Maintenant, continue M. Maldant, il me sera facile de faire apprécier les avantages comparatifs que présentent les grues à vapeur sur les grues à bras, en prenant des chiffres exacts dans les livres mêmes du service que j'ai dirigé à Bordeaux.

« Ces chiffres permettent d'établir comme suit les frais journaliers d'une grue à vapeur de 1,500 kilos, ayant deux chevaux de force, et étant employée au déchargement courant d'un navire de marchandises accosté à quai.

« La dépense journalière moyenne se décompose comme suit :

1 mécanicien..........................	5f 00c
1 aide..................................	3 50
60 kil. de charbon (compté à 40 fr. la tonne)	2 40
Réparations et entretien, graissage, etc.....	0 90
Frais divers et amortissement en 20 ans....	1 00
Total des frais par jour de travail...	12f 80c

« A côté des frais, il faut placer le travail produit ; or, celui-ci, qui serait aisément de 200 à 250 tonneaux, chargés ou déchargés à une hauteur moyenne d'environ 8 mètres, si la grue était réellement utilisée à peu près selon sa force, n'est guère, pratiquement, que de 100 à 120 tonneaux de 1,000 kil. déchargés par jour, par suite de la variabilité et souvent du peu de poids des colis divers, et aussi à cause des pertes de temps de toute espèce résultant de l'arrimage ou du désarrimage des marchandises dans la cale des navires, etc.

« En appliquant au chiffre le plus bas, de 100 tonneaux seulement, les frais ci-dessus d'une journée de travail, on voit que ces frais représentent une somme *de 12 à 13 centimes par tonneau* de marchandises.

« Au moyen de ces éléments pratiques d'appréciation, tout particulier et toute compagnie qui auront des marchandises, des colis, des fardeaux quelconques à charger ou décharger, pourront facilement estimer le travail et les bénéfices à attendre de l'application des grues à vapeur à leurs travaux.

« En effet, aux éléments ci-dessus, il suffira d'ajouter, pour connaître ces bénéfices, le prix de revient de l'appareil et la quantité de travail journalier qu'on pourra lui donner à faire.

« On comprendra aisément que l'avantage important des grues à vapeur résulte de la *grande vitesse d'ascension* de la charge, car, en effet, si nous supposons le travail d'un homme, agissant sur une manivelle,

égal à 6 kilogrammes par seconde (1), une machine de 2 chevaux produira autant de travail ascensionnel que 25 hommes, ou à peu près le même travail que 6 grues à bras, manœuvrées chacune par 4 hommes. »

En présence de résultats aussi satisfaisants et aussi manifestes, il est difficile de comprendre que l'usage des grues à vapeur ne soit pas plus général. En appelant l'attention de la Société sur ce point, le but de M. Maldant a été surtout d'en faire apprécier pratiquement les avantages et d'en encourager le développement.

Les grues, ainsi que les treuils à vapeur employés à bord des navires ou dans les constructions des édifices, dans les mines, etc., ont d'ailleurs subi des simplifications et des perfectionnements récents qui en rendent le prix très-modéré et l'usage on ne peut plus facile.

(1) Nous pensons que le chiffre de 6 kilogrammes peut être aisément porté à 9 pour le travail d'un homme agissant pendant quelques minutes seulement sur la manivelle d'une grue, comme nous l'avons admis dans nos précédents calculs au sujet de ces appareils.

BASSINS DE RADOUB

MACHINES D'ÉPUISEMENT

APPLIQUÉES AUX FORMES SÈCHES DU PORT D'ALGER

Établies sous la direction de M. **HARDY**, ingénieur des ponts et chaussées

Et construites par MM. **NILLUS** et fils, au Havre

(TROISIÈME ET DERNIER ARTICLE

PLANCHES 25 ET 26.

Nous avons donné, dans les deux précédents articles, la description des travaux relatifs à la construction des bassins de radoub, qui ont été établis au port d'Alger, sous la direction de l'habile ingénieur, M. Hardy, ainsi que des portes d'écluse en tôle qui permettent de les fermer hermétiquement, pour les mettre à sec; il nous reste à faire connaître les machines d'épuisement qui s'appliquent alternativement aux deux formes et qui, comme nous l'avons dit, sont mises en jeu par des moteurs à vapeur que l'on peut à volonté faire mouvoir ensemble ou séparément.

Déjà les constructeurs de ces appareils, MM. Nillus et fils, avaient été chargés d'exécuter pour les bassins du Havre un système analogue, dont on a pu constater les bons résultats.

Le niveau du *bassin de l'Eure*, dans lequel est établi la forme du Havre, ne varie pas comme la marée, il est au contraire muni de portes d'écluses qui interceptent toute communication avec l'avant-port à marée basse.

A Alger, il n'a pas été utile d'établir un bassin à flot puisque la Méditerranée n'ayant presque pas de flux, ni de reflux, son niveau est très-

peu variable. Aussi on ne pourrait pas, comme à Paimbœuf (1), par exemple, utiliser, à ce travail, des turbines hydrauliques, puisqu'il n'y a pas possibilité de créer de chute factice.

Les pompes d'épuisement relèvent l'eau qu'elles prennent du puisard, avec lequel les formes sont en communication, pour la rejeter dans les bassins du large, dont le niveau normal, par l'absence de marée, est constamment à la hauteur de celui des formes remplies; même effet au Havre, seulement les eaux se déversent dans le bassin à flot.

Tout le système mécanique, qui est installé dans un petit bâtiment spécial élevé entre les deux formes, est composé de deux machines à vapeur actionnant chacune quatre corps de pompe à simple effet. Ce sont ces appareils que nous avons maintenant à faire connaître dans tous leurs détails.

DESCRIPTION DES MACHINES D'ÉPUISEMENT.

REPRÉSENTÉES PL. 25 ET 26.

Ensemble du bâtiment et des machines. — La fig. 1, pl. 25, représente l'ensemble du mécanisme des moteurs à vapeur et des pompes, en vue extérieure, et le bâtiment en coupe transversale brisée suivant l'axe de l'arbre de commande des pompes.

La fig. 2 est une section correspondante, faite perpendiculairement à la précédente, et passant entre les deux jeux de pompes;

Les fig. 3 à 10 de la même planche sont des détails d'exécution;

La fig. 11, pl. 26, représente l'ensemble des moteurs à vapeur, en projection horizontale extérieure;

Les fig. 12 et 13 représentent, en coupes longitudinale et horizontale, l'ensemble du bâtiment et des machines motrices avec leurs générateurs;

Les fig. 14 et 15 sont des détails de l'une de ces machines;

Et les fig. 16 et 17 représentent, aussi en détails, l'un des deux jeux de quatre pompes correspondant.

A l'aide des figures principales, pl. 25, on reconnaît que la partie du bâtiment où sont installés les pompes et leurs moteurs présente trois étages : 1° le plus élevé, qui se trouve au-dessus du niveau de la mer, et dont le sol reçoit les deux machines à vapeur ; 2° un sous-sol voûté dans lequel sont installés les pompes et leurs accessoires ; 3° un caveau inférieur dont le sol répond à peu près au fond de la grande forme et dans lequel descendent les colonnes d'aspiration.

Les deux machines et les jeux de pompes qu'elles commandent constituent deux ensembles parfaitement semblables, n'ayant d'autre

(1) Voir, à ce sujet, la disposition qui a été décrite dans le quinzième volume de la *Publication industrielle.*

relation qu'un manchon d'accouplement *a* qui permet de les réunir au besoin.

Chacune de ces machines à vapeur, qui sont du système horizontal, à détente fixe et sans condensation, est en relation, par son arbre à manivelle *b* prolongé, avec un train de commande retardateur, monté sur un bâti spécial *c*, composé d'un pignon d'engrenage A et d'une roue à denture de bois B, dont l'axe *d* porte à ses deux extrémités deux plateaux-manivelles C, auxquels sont rattachées de longues bielles en bois D; ces bielles, traversant la voûte qui supporte ce mécanisme, viennent attaquer les traverses-guides E avec lesquelles sont assemblées les tiges de piston des pompes.

On voit que l'arbre principal de commande est formé ainsi de deux parties droites reliées par le manchon *a*, et de deux parties coudées qui sont supportées, au-delà des machines, par un palier fixé dans le mur et qui reçoivent les volants V. La réunion de ces parties coudées avec la partie droite intermédiaire est effectuée par des tés *a'* qui y sont boulonnés, et dont le démontage est facile lorsqu'on doit isoler l'un des deux moteurs de l'ensemble du mécanisme.

Ainsi que le montrent les figures d'ensemble 1 et 2 et celles de détails 16 et 17, pl. 26, chaque jeu de pompes est formé d'un coffre ou bâche en fonte F renfermant les clapets, et sur lequel sont montés les quatre corps de pompes G ; ceux-ci, qui sont d'ailleurs encore reliés entre eux, sont surmontés de glissières en fonte *e* pour maintenir et guider la traverse E, qui correspond à la fois à deux corps de pompe et à l'une des bielles D de commande.

C'est ainsi que chacune des machines motrices commande à la fois quatre corps de pompe, par groupe de deux qui occupent, en marche, des positions inverses, les boutons des bielles étant diamétralement opposés sur les deux plateaux C de la même paire, afin que les masses en mouvement soient en équilibre.

Au point de vue exact des fonctions, un jeu, par ses quatre corps à simple effet marchant ensemble deux par deux, constitue en réalité *deux* pompes *à double effet*, qui correspondent chacune à une colonne d'aspiration et à une colonne ascensionnelle. On voit, en effet, que chaque conduit d'aspiration H, en s'attachant au coffre F, se divise, par une culotte *f*, en deux branches qui correspondent chacune à une division intérieure distincte et à deux corps de pompe simples, mais dont les pistons ont une commande séparée et une marche inverse.

Pour chaque groupe semblable formant un ensemble à double effet, il part aussi du coffre une conduite horizontale *g* communiquant avec une cloche à réservoir d'air I, d'où s'élève enfin la conduite ascensionnelle J.

L'ensemble des huit corps simples, formant les quatre pompes à double effet, correspond, en résumé, à deux colonnes d'aspiration H

formant deux entrées pour chaque coffre, et à quatre conduites ascensionnelles J et J'. Ces quatre conduites traversent horizontalement les murailles du caveau et débouchent dans un aqueduc en maçonnerie K, qui contourne le bâtiment sur trois côtés et communique librement avec la mer. Ce n'est donc que pour obéir à cette disposition du bâtiment et pour le développement le plus simple des quatre conduits J et J', que deux d'entre eux, ceux J, traversent directement la muraille du bâtiment parallèle au quai (voir fig. 12 et 13), tandis que les deux autres se dirigent perpendiculairement pour aboutir aux deux branches latérales du même aqueduc K.

Pour compléter cet aperçu d'ensemble, il nous reste à faire connaître le mode de communication entre les formes et le puisard où plongent les colonnes d'aspiration H.

En se reportant à la pl. 6, sur laquelle est représenté l'ensemble des deux formes et du bâtiment des machines qui en occupe la tête, entre elles deux, on reconnaît que le fond de leurs radiers se termine par une rigole étroite, inclinée vers l'ouverture de la porte, et qui aboutit à un chenal transversal dirigé vers le bâtiment des machines. Cette rigole, destinée dans chacune des formes à recueillir les dernières eaux, les verse dans un aqueduc souterrain qui part du fond de la forme et débouche, après divers changements de direction, dans le puisard des pompes.

La fig. 3, pl. 25, est une section horizontale suivant 1, 2, mais à une échelle réduite, de ce puisard ;

Les fig. 4 et 5 sont des sections suivant 3-4 et 5-6, des raccordements de ces aqueducs L et L' de vidange de la grande et de la petite forme ;

Et les fig. 6 et 7 sont des sections transversales de ces mêmes aqueducs ;

L'eau peut ainsi s'écouler dans le puisard par les aqueducs qui ont, comme la rigole même des formes, une pente assez prononcée. Mais il faut noter de suite que cette communication n'est ni libre ni permanente, car s'il en était ainsi, le niveau supérieur des formes se trouvant à peu près à la hauteur de la naissance de la voûte de la chambre des pompes, cette chambre et le puisard se rempliraient d'eau aussi bien que les formes.

Il faut au contraire que le débouché des aqueducs dans le puisard (1) soit armé d'une vanne permettant, non-seulement d'interrompre complétement la communication entre chacune des formes et le puisard, mais encore de régler, pendant l'épuisement, le volume d'eau qui s'écoule et le mettre en rapport avec le produit des pompes, afin d'em-

(1) C'est par suite d'une erreur de dessin que ces ouvertures sont vues sur la fig. 1, car elles aboutissent dans le puisard par la face opposée qui fait partie de ce qui est naturellement enlevé par la coupe.

pêcher que le niveau de l'eau, après l'emplissage du puisard, ne s'élève jusqu'à elles.

Les orifices des aqueducs sont en effet murés et garnis chacun d'un tube adducteur M, fig. 2, portant en tête une vanne N qui est représentée en détails fig. 8 et 9, pl. 25. Cette vanne consiste en un disque à tiroir commandé par une vis tournante sur laquelle on agit au moyen d'une tringle *h*, qui s'élève jusqu'au sol des machines et se termine, au-dessus d'une colonnette support O, par une manette à double poignée *i*.

Quelques mots suffiront maintenant pour achever de faire comprendre les fonctions de tout ce mécanisme, avant d'aborder ses détails d'exécution.

Lorsqu'il s'agit d'épuiser l'une des deux formes, on commence, en levant la vanne N correspondante, à admettre l'eau dans le puisard pour la mise en route; puis on met en jeu soit la moitié du mécanisme, soit l'ensemble, les deux moteurs et les huit pompes, suivant celle des formes que l'on doit épuiser et suivant la rapidité avec laquelle l'opération doit être effectuée. On règle ensuite, pendant la marche des pompes, l'ouverture de la vanne que l'on augmente au fur et à mesure que le niveau baisse dans la forme, de façon que l'alimentation du puisard n'ait pas à subir la diminution successive de la charge et par conséquent de la vitesse de l'eau sur l'orifice d'écoulement.

Enfin, lorsque les pompes commencent à *franchir*, cette vanne peut être entièrement levée, et l'écoulement qui avait lieu à plein tuyau finit comme dans un conduit à découvert jusqu'à ce qu'il cesse complétement dès que la forme est entièrement vide.

Maintenant, les eaux extraites par les pompes s'élèvent, comme on l'a dit, par les conduites J et J' qui les versent dans cet aqueduc K, lequel encadre le bâtiment à l'extérieur, sur trois de ses faces, et communique librement avec *le large*, au-dessus du niveau duquel il est légèrement élevé.

Néanmoins, pour préserver les appareils des eaux qui peuvent accidentellement remplir cet aqueduc et le faire regorger, les orifices des conduits ascensionnels J ou J' sont armés de clapets battants *j*, que l'on peut, toutefois, soutenir de l'extérieur au moyen de chaînes, et tenir levés.

DÉTAILS D'EXÉCUTION.

Pompes et leurs accessoires. — La bâche F de chaque jeu est composée de deux parties semblables et symétriques, qui sont parfaitement réunies par des boulons, mais ne se communiquent pas entre elles. Chacune de ces parties (voir les détails fig. 16 et 17, pl. 26), est divisée intérieurement en quatre parties ou chambres, dont deux semblables *k*, dans lesquelles pénètrent les corps de pompe G, la troisième *l* est en

rapport direct avec l'une des deux branches de la culotte *f* qui raccorde cette bâche avec la colonne d'aspiration, et enfin la quatrième *m* en rapport immédiat, par la portion de conduit *g*, avec le réservoir d'air I.

Ajoutant que le compartiment *k* est mis en relation avec celui *l* au moyen d'un clapet *l'* et avec celui *m* par deux clapets *m'*, on comprendra le jeu de l'appareil sans autre explication, car le compartiment *k* c'est la capacité inférieure du corps de pompe qui se trouve ainsi en relation, comme à l'ordinaire, avec l'aspiration et avec le refoulement par les clapets correspondants *l'* et *m'*.

Les corps de pompe sont en fonte, mais revêtus à l'intérieur d'un manchon en bronze. Les pistons G' sont de même métal ; la garniture est en chanvre avec bague de serrage.

Ces corps de pompe, étant fixés sur la bâche par des brides ménagées vers le tiers de leur hauteur, sont ensuite reliés, à la partie supérieure, par des pattes à nervures G^2 de la même pièce qu'eux. Les corps de pompe supportent ensuite les douilles qui guident les tiges de piston, puis les glissières verticales *e* qui maintiennent les traverses E. Ces dernières forment, avec deux croisillons *e'* qui les relient latéralement, et un autre croisillon en fer horizontal e^2, un ensemble très-rigide, qui est encore consolidé en se rattachant, par le prolongement du croisillon supérieur e^2 et par des colliers, avec les colonnes d'ascension J et J'.

Indépendamment des clapets de la bâche, les conduites d'aspiration sont pourvues, à leur partie inférieure, d'un clapet de retenue ou soupape *multiple* P, que l'on voit en détail et en coupe fig. 10, pl. 25, et dont nous avons donné aussi un tracé et une description détaillée dans le *Vignole des mécaniciens*.

Cette pièce, dont la disposition a pour objet d'offrir une grande section de passage avec des dimensions générales relativement restreintes, est constituée par cinq vasques fondues de la même pièce pour former quatre siéges à des clapets annulaires en caoutchouc *n*. La partie inférieure, du plus grand diamètre, est conique et vient s'ajuster et se sceller sur l'ouverture de la conduite dans laquelle la soupape est introduite, tout armée de ses clapets, par le regard latéral, fermé en marche par le tampon *n'*.

Au-dessous du clapet se fixe la *crépine* H' avec son fond percé de trous auquel on a donné une forme sphérique rentrante, de façon à offrir une plus grande surface et un passage suffisant pour l'introduction du fluide aspiré.

Nous avons décrit le mécanisme de commande de ces pompes. Il nous reste à dire quelques mots des grandes bielles D qui sont assemblées, d'un bout avec un bouton fixé avec le plateau-manivelle C, et de l'autre à un bouton semblable monté au centre d'une traverse E correspondant à deux tiges de piston.

Ces bielles sont en bois de chêne, de 24 sur 16 centimètres d'équar-

rissage ; les extrémités sont armées de têtes en fer disposées exactement comme les têtes de bielles ordinaires, à bride mobile, clavette et deux contre-clavettes et coussinets en bronze.

Nous concevons l'emploi du bois dans cette circonstance où, avec le fer, ces bielles, qui sont très-longues et exposées à vibrer, eussent dû être néanmoins très-fortes, et par conséquent très-lourdes.

Machines motrices et générateurs. — Ces machines, dont l'une est représentée en détails, fig. 14 et 15, pl. 26, sont du système horizontal le plus simple.

Le cylindre à vapeur Q est monté sur un bâti R d'une seule pièce. La boite à vapeur, qui est ramenée à la partie supérieure, renferme un tiroir combiné de façon à opérer une détente fixe par recouvrement. L'échappement de la vapeur s'effectue par un canal qui contourne le cylindre et vient se joindre avec un autre canal *o* appartenant au bâti R ; il se termine extérieurement par une tubulure à laquelle est adapté le tuyau *o'* qui communique avec l'atmosphère.

Il se présente ici une particularité dont il est utile de rendre compte.

Ce canal *o* est compris lui-même dans un véritable coffre, également venu de fonte avec le bâti R, et dans lequel la pompe alimentaire S refoule l'eau qui s'y réchauffe avant d'entrer dans les générateurs : aussi ce coffre est-il pourvu d'une soupape de sûreté *q*.

On remarque, fig. 14, le tuyau *p'* par lequel cette eau est refoulée dans le coffre et celui p^2 d'où elle en sort pour se rendre aux générateurs.

La fig. 15 permet en outre d'apercevoir le tuyau *p* par lequel la pompe aspire l'eau douce d'un vaste réservoir T situé au-dessus des chaudières, et dans lequel on l'emmagasine, ne voulant pas employer l'eau de mer malgré sa proximité et sa surabondance.

Quant à la pompe alimentaire, elle est simplement commandée, à course égale, par la traverse du piston moteur.

L'ensemble des générateurs comprend trois corps de chaudières U, à deux bouilleurs, d'une construction ordinaire : nous n'aurons donc à y revenir que pour l'exposé de leurs dimensions.

DIMENSIONS ET CONDITIONS DE MARCHE.

Dimensions et travail des pompes. — Le diamètre du piston des pompes est de 0m50 et sa course de 1m50 ; leur vitesse normale est d'environ 15 coups doubles par minute.

Dans ces conditions, les huit corps de pompes permettent d'élever, par heure, un volume d'eau égal à :

$$(0,7854 \times (0^{m}50)^2 \times 1^{m}50 \times 8 \times 15 \times 60') = 1696 \text{ mètres cubes.}$$



Si nous admettons que l'ensemble des huit pompes soit appliqué à l'épuisement de la grande ferme, dont *le plein* représente environ 25,000 mètres cubes, cette opération s'effectuera en :

$$\frac{25000}{1696} = 14^{h}\ 74, \text{ soit : } 14^{h}\ 3/4.$$

Ceci étant la durée rigoureusement nécessaire, qui ne suppose aucun temps d'arrêt, il est admissible qu'en réalité elle est un peu plus longue, soit environ 15 à 16 heures.

Quant à la petite forme, qui ne cube qu'à peu près 8,000 mètres cubes, son épuisement n'exigerait donc qu'environ 5 heures, toujours en employant le double train de pompes, soit 10 heures avec un train simple de quatre pompes et de leur machine motrice.

Pour évaluer la quantité de travail consommée par un épuisement, il faut noter que nonobstant l'abaissement successif du niveau dans la forme, dans laquelle condition le travail devrait être nul au début et aller en augmentant au fur et à mesure de l'abaissement (*si les pompes puisaient directement dans la forme*), ce travail est *constant*, par la raison que la nappe, dans laquelle plonge les crépines des conduits d'aspiration, est aussi à niveau *constant*, et *indépendant de celui de l'eau dans les formes*, en tel moment que ce soit de la durée d'une opération.

On pourrait, à la vérité, profiter, dans une certaine proportion, de la charge de l'eau dans les formes pour diminuer la hauteur d'aspiration, en laissant le puisard se remplir, tant que le niveau de l'eau dans la forme ne s'y serait pas lui-même abaissé davantage ; mais, dans les calculs qui suivent, nous admettons que le niveau dans ce puisard soit maintenu, pendant la plus grande partie d'une opération, à la hauteur du joint d'une crépine H′ avec le conduit d'aspiration, soit à la partie inférieure même du grand clapet P.

Dans cette condition, la hauteur constante d'élévation, comptée jusqu'au centre des conduits d'échappement J et J′ (voir fig. 2, pl. 25), sera de :

$$2^{m}83 + 0^{m}85 + 5^{m}28 = 8^{m}96.$$

Néanmoins, pour l'épuisement complet de la grande forme, dont la partie la plus basse correspond à très-peu près à l'arrasement inférieur des crépines, il faut en ajouter la hauteur, qui est de $1^{m}120$, ce qui porterait la plus grande hauteur d'élévation à $10^{m}08$. Mais comme cette hauteur maxima ne se rencontre que pour l'une des deux formes, et seulement pendant les derniers moments d'une opération, nous conservons celle ci-dessus en la portant à 9 mètres, en nombre rond.

Par conséquent, le travail, absorbé théoriquement par l'épuisement de la grande forme, et en prenant 1.026 pour la densité de l'eau de mer, égale :

$$25,000,000^{k} \times 1,026 \times 9^{m} = 230,850,000 \text{ kilogrammètres.}$$

Pour effectuer ce travail en 15 heures, ce qui suppose, comme on l'a vu, que le rendement des pompes soit de 80/00, il faut que les machines motrices développent une puissance utile par 1″, et transmise aux tiges du piston des pompes, égale à :

$$\frac{230,850,000^{kgm}}{15^{h} \times 3600'' \times 75^{kgm}} = 57 \text{ chevaux.}$$

Pour avoir cette puissance disponible sur les tiges des pistons, et vaincre les résistances passives de tout le mécanisme de transmission, on doit compter que celle des machines motrices, mesurée sur les arbres à manivelle, ne doit pas être moindre de 80 ou de 90 chevaux, soit de 40 à 45 pour chacune d'elles. C'est au moins la puissance que ces machines doivent pouvoir développer au besoin.

Nous allons maintenant examiner ces machines elles-mêmes et leurs générateurs.

Dimensions des machines motrices et des générateurs. — Les machines à vapeur motrices sont établies dans les conditions suivantes :

Diamètre du piston.	0^{m} 45
Course.	1 mètre.
Volume engendré correspondant. . . .	0^{mc} 159
Nombre de coups doubles par 1′. . . .	50
Durée de la détente. . . , ...	1/3 de la course.
Pression absolue de la vapeur.	5 atmosph.

D'après la table que nous avons calculée et publiée dans le deuxième volume, page 467, de notre *Traité des moteurs à vapeur,* pour une machine réglée dans ces conditions de pression et de détente, sans condensation, le piston doit engendrer théoriquement 7 mètres cubes par cheval et par heure. Si nous estimons le rendement des machines actuelles à 65/00 de la quantité utile de travail développée sur le piston, il vient, pour la puissance disponible sur l'arbre de la manivelle :

$$0,65 \times \frac{0^{mc}159 \times 2 \times 50 \times 60'}{7 \text{ m. c.}} = 88,5 \text{ chevaux.}$$

Ce résultat très-élevé nous démontre que ces machines ont été proportionnées de façon à pouvoir suffire largement chacune au travail total à effectuer, et avec la plus grande célérité, dans la circonstance très-probable où l'une des deux serait en réparation. Par le plan général fig. 11, pl. 26, on reconnaît, en effet, qu'indépendamment du manchon principal d'accouplement *a*, deux autres manchons boulonnés *a′* permettent d'isoler à volonté l'un des moteurs, en laissant à l'autre la charge des deux trains.

La puissance totale des générateurs ne répond, en effet, qu'à celle qui vient d'être trouvée pour chacune des deux machines.

Ces générateurs ont les dimensions suivantes :

Diamètre du corps principal.	$1^{m}100$
Circonférence correspondante.	3 456
Longueur totale.	6 870
Diamètre des bouilleurs.	0 600
Circonférence correspondante.	1 885
Longueur totale.	8 000

Prenant pour la surface de chauffe la moitié de la circonférence de la chaudière et les trois quarts de celle des bouilleurs, il vient pour la surface effective d'un générateur :

$$\left(\frac{3^{m}456 \times 6^{m}870}{2}\right) \times \left(\frac{3}{4} \times 2 \times 1,885 \times 8^{m}\right) = 34^{mq}49.$$

soit pour les trois générateurs :

$$34,49 \times 3 = 103,47 \text{ mètres carrés.}$$

A raison de $1^{mq}20$ de surface de chauffe par force de cheval, l'ensemble de l'appareil vaporisatoire répond donc à :

$$\frac{103,47}{1,2} = 86,2. \text{ chevaux-vapeur.}$$

Il reste donc démontré que, si les machines ont une puissance totale plus que double de celle exigée par le travail à effectuer, dans le temps qui se déduit de la vitesse et de la dimension même des pompes, celle des générateurs est aussi excédante, car si deux seulement sont en fonction sur les trois, on peut leur faire produire de la vapeur pour 68 à 70 chevaux effectifs, et nous avons vu que le travail absorbé en eau élevée est équivalent à environ 57 chevaux : il resterait donc, avec la marche de deux générateurs, un excédant de 11 à 13 chevaux pour les résistances passives du mécanisme de transmission.

MARTEAU-PILON A VAPEUR

DE GRANDE PUISSANCE

Construit dans les établissements de MM. KAMP et Cᵉ de Wetter (Westphalie),

Sous la direction de MM. C. DAHLHAUS et ALP. TRAPPEN, ingénieurs.

(PLANCHE 27)

Dans plusieurs des précédents volumes de ce Recueil, comme aussi dans le *Traité des moteurs à vapeur* et le *Génie industriel*, nous avons publié à peu près tous les types de cet important engin de l'outillage moderne des forges, depuis l'origine même de son introduction dans cette branche de l'industrie mécanique jusqu'à présent. A cette longue liste de marteaux-pilons offrant les combinaisons les plus diverses, et qui renferme certainement toutes les particularités intéressantes de ce genre de machines, nous avons cru utile cependant d'ajouter celui dont nous allons nous occuper, à cause de sa puissance exceptionnelle et de son mode spécial de construction, où l'emploi de la tôle, pour l'établissement du bâti, figure pour la première fois, au moins à notre connaissance.

Ce puissant marteau-pilon a été exécuté dans les ateliers de construction de MM. Kamp et Cᵉ, à Wetter-sur-la-Ruhr (Westphalie), d'après les études de MM. Dahlhaus et Trappen, ingénieurs de l'établissement, et à l'obligeance de qui nous devons la communication des dessins; il a été monté chez MM. Bergen et Cᵉ, fabricants d'acier fondu, à Witten, où il est appliqué au corroyage des grosses pièces d'acier et, entre autres, des canons. Mais depuis cette première application, dont le succès a été complet, deux marteaux semblables ont été fournis par la même usine à des établissements différents.

On verra que ce pilon à vapeur est remarquable, d'abord par ses grandes dimensions générales qui répondent à un poids de marteau de plus de 15,000 kilogrammes et à une chute de $2^m 51$, et ensuite par un soubassement formé d'un entablement et de deux colonnes-supports ou piédroits exécutés en tôle rivée. Ce soubassement, qui remplit le rôle des jambages en fonte dans le mode de construction ordinaire, a eu pour

objet de laisser un vaste espace libre autour de l'enclume, sur laquelle le grand écartement des deux colonnes permet de présenter en tous sens des pièces de grande longueur. On distingue encore de particulier la disposition de la chabotte, qui est formée d'un certain nombre de fortes plaques de fonte superposées.

En dehors de ces points importants, il faut noter que le mécanisme proprement dit du marteau est des plus simples et ne présente aucune de ces combinaisons curieuses que l'on trouve dans les *self-acting*, par exemple, car, pour celui-ci, la marche automatique n'a point été jugée nécessaire, en raison de la grande dimension des pièces à travailler qui n'exigent pas des coups précipités.

Mais la distribution, qui s'opère à l'aide de soupapes du système de Cornwall, est néanmoins intéressante, et figure d'ailleurs comme partie principale de la description que nous faisons de l'ensemble de ce marteau.

DESCRIPTION DU MARTEAU-PILON

REPRÉSENTÉ PLANCHE 27.

ENSEMBLE DE LA CONSTRUCTION.

La fig. 1 est une élévation extérieure de face du marteau, le massif en coupe pour laisser voir la chabotte et l'enclume;

La fig. 2 en est une élévation extérieure de profil, du côté de la distribution;

La fig. 3 est une projection horizontale de la chabotte et du châssis, sur lequel sont appuyés les piédroits;

Les fig. 4 à 8 représentent en détail, et suivant plusieurs sections, le cylindre et le mécanisme de distribution.

A l'aide des figures d'ensemble, on voit que cet outil comprend, comme pièces principales, le cylindre à vapeur A reposant, par l'intermédiaire d'un socle B, sur les deux jumelles en fonte C qui servent de guides au marteau D; ces deux jumelles sont boulonnées sur un entablement E consistant en une véritable caisse oblongue construite en tôle, et qui est rivée avec les deux colonnes-supports F construites de la même façon. Enfin, l'intervalle de ces deux jambages est occupé par l'enclume G montée sur la chabotte H, qui se trouve installée dans une large fosse réservée entre les deux massifs sur lesquels reposent directement les deux colonnes et, par conséquent, l'ensemble du marteau.

Dans d'aussi grandes dimensions, il n'était pas possible de faire de la chabotte une pièce directement dépendante du reste, comme dans la plupart des pilons où cette pièce forme une sorte de cuvette en fonte dans laquelle sont réservés les assemblages des piédroits; mais, pour compenser ce défaut de liaison directe, on a donné au massif de fonda-

tion des proportions et des dispositions véritablement exceptionnelles, et un développement que notre dessin ne nous permettait pas d'embrasser entièrement. Nous allons néanmoins essayer d'en donner une idée suffisamment exacte.

L'ensemble de ce massif est un bloc de maçonnerie, en brique et ciment, présentant une base de $11^{m}16$ sur $8^{m}64$ et $4^{m}40$ d'épaisseur, s'appuyant encore sur un sol affermi, comme à l'ordinaire, par une épaisse couche de béton. Au centre de ce massif s'ouvre la fosse de la chabotte, de $3^{mq}770$ et $2^{m}20$ de profondeur; le fond de cette fosse est garni, pour recevoir la chabotte, d'un plancher en bois de chêne de $0^{m}314$ d'épaisseur, lequel s'appuie sur un massif en grès de $0^{m}790$, qui est enfin monté sur une partie de cette maçonnerie en brique et ciment, dont la masse générale de la fondation est formée.

Il faut ajouter que cette énorme masse est d'ailleurs découpée par de nombreux couloirs destinés à donner accès aux niches des douze boulons *a* servant à fixer le châssis I, qui sert de base aux piédroits F, et à ceux *b*, au nombre de quatre, qui relient la chabotte avec le plancher en bois *c*, dont nous venons de parler.

Pour compléter cet aperçu d'ensemble, il nous suffira d'ajouter que le mécanisme de la distribution consiste, comme organes principaux, en trois soupapes renfermées dans une chapelle en fonte J, montée sur le socle B et se raccordant avec l'orifice réservé au cylindre. Ces soupapes sont mises en jeu à la main par un ouvrier qui se tient sur la plate-forme de l'entablement, où il a accès par l'échelle en fer *d*.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION.

DISTRIBUTION. — Nous devons nous arrêter tout particulièrement sur l'appareil de distribution, qui est représenté en détail par les fig. 4, 5, 6 et 7.

La fig. 4 est une section verticale de la chapelle et du cylindre moteur passant par l'axe de ce dernier organe;

La fig. 5 est une section horizontale de l'ensemble du cylindre et de la chapelle, suivant la ligne brisée 1-2-3-4;

La fig. 6 est une section transversale de la chapelle des soupapes, suivant la ligne 5-6;

La fig. 7 représente, en projection horizontale, la disposition des divers leviers de commande desdites soupapes;

La fig. 8 est le détail de l'assemblage de la tige du piston avec le corps du marteau.

Cette distribution se compose d'un clapet plat *e*, pour l'arrêt absolu de la vapeur, et de deux soupapes *f* et *g* pour l'admission et l'échappement. A l'aide des figures d'ensemble 1 et 2 et de celles 4 et 7 de détails, on voit que le mécanisme de commande a pour organe principal un arbre K.

sur lequel sont calés un balancier L et un bras de levier simple M; l'une des extrémités du balancier est reliée avec la tige j de la soupape d'admission *f*, et l'autre est rattachée à la tringle *h*, avec laquelle est assemblée le levier à main *i*; le levier simple M correspond de même à la soupape d'échappement *g*, dont la tige *k* s'y rattache.

Enfin, à l'extrémité de cet axe K, se trouve fixé un levier à contre-poids N, avec lequel est assemblé une tringle *l*, qui est articulée avec un bras de levier O, ayant pour centre fixe un goujon monté sur l'une des jumelles du marteau.

La remarque importante à déduire de cette disposition, c'est que le jeu des deux soupapes est dépendant du même axe horizontal K, et que cet axe, se trouvant placé entre les deux soupapes, un de ses mouvements oscillatoires fait nécessairement ouvrir et fermer l'autre simultanément.

Or, lorsqu'on veut élever le marteau, et par conséquent faire introduire la vapeur dans le cylindre, on appuie sur la manette *i*, ce qui fait, du même coup, lever la soupape d'introduction *f* et baisser la soupape d'échappement *g*; le marteau, en s'élevant, et parvenu à l'extrémité supérieure de sa course, vient rencontrer, par un toc *m*, qu'il porte, la branche contre-coudée du levier O, qui oscille alors, et, par la tringle *l* et le levier à contre-poids N, fait faire à l'axe K un mouvement oscillatoire en sens inverse du précédent, ce qui fait simultanément fermer la soupape d'introduction *f*, lever celle d'échappement *g*, et détermine la chute du marteau.

Ainsi, la main de l'ouvrier fait toujours à la fois ouvrir l'introduction et fermer l'échappement, tandis que le marteau prépare lui-même sa chute en faisant produire le mouvement inverse des soupapes.

Quant au clapet *e*, nous avons dit qu'il ne sert qu'à interrompre d'une manière absolue la communication de vapeur entre le générateur et le marteau hors du temps de sa fonction. Il est mis en relation avec la main de l'ouvrier au moyen d'une tige *n*, armée, à sa partie inférieure, d'un petit volant *n'* tandis que sa partie supérieure est filetée et engagée dans un écrou monté à tourillons sur un levier P, auquel est attachée la tige *o* du clapet; ce levier a pour centre libre d'oscillation le même axe K, dont il n'est pas alors autrement dépendant.

Peu de mots suffiront maintenant pour ce qui nous reste à dire concernant l'ensemble de cette distribution.

La chapelle J est, comme on le voit, d'une seule pièce, présentant trois chambres qui communiquent entre elles par des canaux, dont l'un coïncide avec la lumière du cylindre. Cette chapelle est munie de deux oreilles, avec lesquelles sont boulonnées les deux colonnettes *p*, qui servent de points d'appui à l'arbre K et sont réunies elles-mêmes par un châssis en fonte Q, lequel est relié au cylindre, et porte aussi des douilles pour guider les tiges des trois soupapes.

ENSEMBLE DU CYLINDRE ET DES JUMELLES. — Ce cylindre étant à simple effet n'est fermé, à sa partie supérieure, que par un couvercle léger, construit en tôle, et que l'on soulève facilement lorsqu'on veut relever le piston A′ ou le visiter; il communique librement avec l'atmosphère par une tubulure u, à laquelle est joint un conduit vertical u'. Mais la partie inférieure est exactement close par un fond R, portant une longue boîte à étoupe R′, et qui est en deux pièces, à cause du renflement qu'il est nécessaire de réserver à la tige et qui forme embase au plateau du piston. Ce fond est en effet mis en place en le montant préalablement sur la tige du piston, puis en l'introduisant par le haut du cylindre; il vient joindre sur un rebord réservé à cet effet, et est ensuite fixé par des boulons q, à tête fraisée, dont les écrous s'appuient sur une rondelle mobile q' (fig. 4).

Le cylindre est réuni par une collerette boulonnée avec le socle B, et ce dernier est agrafé et assemblé, par douze boulons, avec les deux jumelles C. Celles-ci présentent intérieurement deux coulisseaux dressés pour guider le marteau; elles forment, avec les guides, deux appendices qui sont prolongés au-dessous de l'entablement E, où ils sont maintenus par des boulons d'écartement r.

Le plateau et la tige du piston sont en acier fondu. Le premier est monté sur une partie conique et fixé par un écrou, au-dessous duquel se trouve une bague clavetée. On remarque à ce plateau deux anneaux disposés pour amarrer le piston et le sortir du cylindre.

ASSEMBLAGE DE LA TIGE DU PISTON ET DU MARTEAU. — Cet assemblage, qui est toujours d'une grande importance, est représenté en détail fig. 8, suivant une section transversale du marteau dans la partie de sa réunion avec la tige du piston.

On voit, au moyen de cette figure, qu'il a été réservé dans la partie supérieure du marteau D un trou cylindrique, dont une portion est alésée pour l'ajustement d'une boîte en acier composée d'une coquille inférieure v et d'une bague v', en deux pièces, laquelle boîte enveloppe l'extrémité de la tige A^2, qui présente un renflement en double cône. Cette boîte, formant ainsi rappel pour déterminer la réunion du marteau et de la tige, doit être alors très-solidement retenue elle-même dans son ajustement; elle s'y trouve en effet maintenue par deux clavettes x (fig. 1 et 8), qui traversent la masse du marteau de part en part et pressent sur la bague v', de chaque côté de la tige, par l'intermédiaire d'une rondelle en acier v^2.

Mais comme il est impossible de ne pas conserver à l'ensemble de l'assemblage une certaine élasticité en vue du choc au moment du coup frappé, le fond de la coquille v est d'abord garni d'une plaque de cuivre au contact du bout de la tige, et ensuite, l'ensemble de la boîte, pressée par les clavettes, porte à fond par l'intermédiaire d'une pile de rondelles y, de cuir et d'acier interposées, et qui s'appuie elle-même sur

une forte platine d'acier z garnissant le fond du vide réservé pour ces différentes pièces de l'assemblage, dont la pratique a démontré le succès.

Quant au trou central réservé dans le marteau au-dessous de cette platine, il n'a eu pour but que de permettre le passage de l'arbre de l'alésoir pour l'ajustement.

Socles des piédroits. — Comme le montre particulièrement la fig. 3, les deux piédroits E sont des colonnes tronc-coniques en tôle de 20 millimètres d'épaisseur, et en trois feuilles sur la circonférence. La partie inférieure est armée d'une cornière d'angle qui est boulonnée avec le socle en fonte I présentant, à cet effet, une bride saillante circulaire. Les deux socles étant, comme nous l'avons dit, reliés avec le massif par six boulons qui sont prolongés jusqu'à 4 mètres de profondeur, ils sont aussi reliés ensemble par deux boulons horizontaux s, sans embases à l'intérieur, et n'ayant, par conséquent, pour objet que de prévenir l'écartement des piédroits.

L'ensemble des châssis se trouve au-dessous du sol de l'usine, qui est en surélévation du massif. On voit que ce sol est constitué autour du marteau par un plancher en fer t, qui recouvre la fosse et ne laisse traverser que l'enclume.

Enclume et chabotte. — L'enclume G est, comme à l'ordinaire, mobile, et peut être changée suivant la forme à donner à la pièce travaillée; elle est ajustée à queue et clavetée sur le *tas* G′, qui est en forme de pyramide quadrangulaire, et se trouve aussi fixée par des cales dans l'évidement à queue réservé à la plaque supérieure H de la chabotte. Cette plaque, comme les autres entre elles, est emboîtée carrément dans la deuxième plaque H′, au-dessous de laquelle se place une plaque H^2, beaucoup plus épaisse et en deux parties. Enfin, vient la quatrième plaque H^3, aussi en deux pièces, qui repose directement sur le plancher en bois c, avec lequel l'ensemble des dites plaques est relié par les quatre boulons b.

Il faut noter que cette chabotte n'a été ainsi formée de plusieurs pièces qu'en raison de son grand poids, qui n'aurait pas permis de la transporter par les chemins de fer prussiens, sur lesquels on ne reçoit pas de pièces pesant au delà de 20,000 kilogrammes, et d'une largeur excédant 3 mètres. C'est en raison de la combinaison de ces deux données que les plaques H^2 et H^3, que leurs dimensions conduisaient à faire en deux pièces, ont pu recevoir une plus grande épaisseur en profitant du maximum de poids pour chacune de leurs moitiés.

Dimensions et conditions de marche. — On pourra juger de l'importance de cet outil par l'exposé de ses dimensions principales, et par le poids de toutes les pièces qui le composent.

Son fonctionnement a pour bases les proportions suivantes:

Diamètre du cylindre à vapeur	0^{m} 94
Section dudit.	6,940 c.q.
Course du piston ou chute du marteau. . .	2^{m} 51
Pression absolue de la vapeur.	6 atm.
Effort théorique effectif sur le piston. . . .	34,700 kil.

Voici maintenant les poids de toutes les parties :

Les deux plaques de fondation.	13,900 kil.
Les deux colonnes en tôle.	6,700
Le sommier ou entablement, id.	7,500
Les deux jumelles ou guides.	28,400
Le socle du cylindre.	4,250
Le cylindre complet.	5,000
Le porte-marteau et le marteau.	14,450
Le piston et la tige.	740
La chabotte et l'enclume.	150,000
Poids total.	230,940 kil.

Nous serions désireux d'ajouter à ces données pratiques quelques calculs à l'aide desquels on parviendrait à mesurer, en quelque sorte, les effets d'une pareille machine; mais on sait que les *chocs* ne se soumettent pas facilement à un pareil examen, au moins quant à leurs effets sur les corps contre lesquels ils s'exercent, et il est évident que l'on n'arrive à donner aux marteaux-pilons les proportions convenables, pour un certain travail à effectuer, que par des comparaisons entre ceux déjà existants et les effets que l'on en obtient.

Des ingénieurs mécaniciens ont néanmoins adopté, comme mesure comparative de la puissance de ces outils, *le produit de la masse du marteau par sa hauteur de chute,* produit qu'ils expriment en *kilogrammètres.* C'est déjà une base, mais il est certain que, ce produit restant le même, un marteau léger, avec une grande chute, ne donnera pas le même résultat qu'un lourd marteau avec une petite chute, ce qui montre que cette méthode ne convient pas sans restriction pour caractériser les effets d'un marteau-pilon.

Si nous l'appliquons, toutefois, à celui actuel, nous trouvons qu'il représente un effet dynamique égal à :

$$15190^{k} \times 2^{m}51 = 38127 \text{ kilogrammètres.}$$

Mais il y a un point plus important à rechercher, qui intéresse directement la manœuvre de l'outil et conduit à la détermination exacte de la puissance qu'il absorbe en vapeur dépensée : c'est le nombre de coups qu'il peut battre dans un temps déterminé.

Il existe certains systèmes de pilons dans lesquels on peut accélérer

la chute à volonté, soit en faisant arriver de la vapeur à la partie supérieure, soit en y réservant un matelas d'air qui agit par son élasticité, soit par d'autres moyens différents. Mais ici, comme on l'a vu, la partie supérieure du cylindre est entièrement neutre et à l'air libre, ce qui fait que la chute du marteau s'effectue exclusivement sous l'influence de la pesanteur qui, loin qu'on lui vienne en aide, ne peut être que diminuée, si peu que cela soit, par la résistance de la vapeur à l'échappement, par celle de la rentrée de l'air au-dessus du piston, et enfin par le frottement de ce dernier.

Par conséquent, le nombre maximum de coups qu'un tel marteau peut donner est nécessairement limité à la sphère d'activité même de la pesanteur, et il dépend de la hauteur à laquelle le marteau s'élève. Ainsi, moins on le laisse s'élever, et plus les coups peuvent être précipités; tandis que pour la chute maxima, qui répond à la hauteur entière du cylindre, le nombre de coups est nécessairement le plus faible que l'on puisse lui faire donner.

Voyons donc quel peut être ce nombre de coups pour la plus grande chute, qui répond d'ailleurs au plus grand travail du marteau.

Cette estimation a pour base la recherche de la durée de la chute d'un corps sous l'action isolée de la pesanteur et d'une hauteur déterminée.

La formule qui permet de trouver cette durée est la suivante :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

dans laquelle t représente la durée cherchée, en secondes, h la hauteur de chute, en mètres, et g la vitesse acquise après une seconde de chute et égale, comme on sait, à $9^{m}81$.

Appliquant cette règle à l'exemple actuel, où $h = 2^{m}51$, nous trouvons :

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 2.51}{9.81}} = 0'',715$$

soit un peu plus de deux tiers de seconde.

Ceci étant la durée d'une chute parfaitement libre et dans le vide, il est très-admissible que les différentes causes de retard énumérées précédemment élèvent cette durée à près d'une seconde ; d'autre part, le temps de la levée, qui comprend celui de l'action de la main sur le mécanisme et celle même de la vapeur, ne pouvant être plus court, il s'ensuit donc qu'avec la chute maxima, les coups ne peuvent se succéder qu'à raison d'une vitesse de 30 par minute, au plus.

Les renseignements que nous possédons, d'après l'ingénieur même qui nous a communiqué les dessins d'exécution, sur les fonctions de

cet outil, nous apprennent qu'en effet la vitesse ordinaire est de 25 coups par minute et de 30 au maximum.

Si nous prenons cet état de marche pour base de la puissance, nous en déduisons d'abord que le marteau frappe sur la pièce avec une vitesse égale à :

$$V = \sqrt{2gh}$$

ou :

$$V = \sqrt{19,62 \times 2,51} = 7 \text{ mètres par } 1'',$$

ce qui représente une force vive de :

$$\frac{PV^2}{g} = 2\,Ph$$

soit :

$$2 \times 15190^{k} \times 2^{m}51 = 76254 \text{ kilogrammètres.}$$

Enfin, le travail théorique absorbé devant être la moitié de cette force vive, devient :

$$\frac{76254}{2} = 38127 \text{ kilogrammètres,}$$

ou, en langage ordinaire, et en remarquant que le cylindre ne fournit que trente cylindrées de vapeur par minute :

$$\frac{38127}{75 \times 2} = 254 \text{ chevaux-vapeur.}$$

Ce dernier résultat signifie que, le marteau marchant à sa plus grande chute et à une vitesse qui répond à 30 coups par minute, le cylindre travaille comme celui d'une machine à vapeur ordinaire à simple effet, d'une puissance effective de 254 chevaux, plus un certain excédant de force qu'il doit développer au début de la levée, pour vaincre l'inertie, parce que ce genre de machine ne peut, comme on sait, avoir de volant.

HAUTS-FOURNEAUX, FORGES ET ACIÉRIES

DE LA MARINE ET DES CHEMINS DE FER

VISITE AUX USINES

De MM. PETIN, GAUDET ET C[e] à Rive-de-Gier, Assailly et Saint-Chamond.

Nous venons de visiter pour la troisième fois, depuis quelques années, plusieurs des usines de MM. Petin et Gaudet, dont nous recevons toujours l'accueil le plus cordial et le plus sympathique.

De tous les établissements industriels qu'il nous a été permis d'examiner jusqu'ici, il en est peu, il faut bien le dire, qui, dans leur spécialité, présentent autant d'intérêt, réunissent autant de progrès, que nous en trouvons chez ces habiles et honorables manufacturiers.

Ils se sont non-seulement agrandis considérablement à Assailly comme à Saint-Chamond, mais ils ont encore apporté des améliorations importantes dans leur matériel et dans leurs procédés de fabrication. C'est ainsi qu'ils sont constamment parvenus à se maintenir à la hauteur des exigences des demandes soit de la marine ou de la guerre, soit de l'industrie privée et des chemins de fer.

Nous en citerons un exemple bien frappant. Il y a deux ans à peine que MM. Petin et Gaudet ont cherché à appliquer le système Bessemer dans leur aciérie d'Assailly, et depuis plus d'une année les deux appareils fonctionnent régulièrement, dans de bonnes conditions relatives, grâce à leurs soins assidus et constants, aux essais de toute sorte qu'ils n'ont cessé de faire sur l'emploi des fontes, sur la manœuvre et la durée du travail, sur la pression de l'air et l'intensité de la flamme, sur la coulée et la préparation des lingots (1).

Après toutes ces expériences, ils se sont décidés à acquérir des hauts-fourneaux à Givors, afin de pouvoir faire leurs fontes, et par suite être certains de leur qualité. Aussi ils sont aujourd'hui tellement sûrs des résultats qu'ils peuvent obtenir, qu'à l'avance ils vous disent : nous allons faire, avec cette coulée, des aciers de telle nature, et nous n'au-

(1) En décrivant dans nos deux précédents volumes les divers appareils de M. Bessemer, pour la fabrication de l'acier fondu, nous avons donné avec détails les différentes particularités du procédé, et, en outre, un extrait des mémoires qui ont été rédigés sur ce sujet par des savants destingués, MM. Frémy et Gruner, qui en ont fait une étude spéciale,

rons que telle quantité de déchets. Disons aussi que les fontes qui alimentent aujourd'hui les hauts-fourneaux de Givors proviennent des riches minerais que MM. Petin et Gaudet font venir de leurs mines de Sardaigne qu'ils ont acquises du gouvernement d'Italie, et pour l'exploitation desquelles ils ont fait faire des travaux considérables, avec un chemin de fer de 15 kilomètres de parcours, permettant de transporter directement les minerais jusqu'aux bateaux à vapeur de transport.

La richesse de ces minerais est telle qu'ils peuvent donner 60 à 70 pour 100 de fer de très-bonne qualité. L'exploitation est déjà assez avancée maintenant pour fournir annuellement 200,000 tonnes en ne travaillant seulement que cinq à six mois par année. Sous peu, la production s'élèvera à 6 et 800,000 tonnes; par conséquent elle pourra alimenter d'autres établissements que ceux de la Compagnie.

Nous avons été assez heureux, après avoir déjà vu marcher précédemment l'une des deux cornues de l'appareil Bessemer, d'assister, pendant notre dernier séjour aux usines, à une opération bien plus importante, qui, pour nous, devait être tout à fait concluante, et nous a causé, nous devons le dire, une certaine émotion et en même temps un véritable plaisir, mais qui paraissait à ces messieurs tellement naturelle, qu'ils n'en éprouvaient pas la moindre inquiétude, pas plus, du reste, que le directeur de l'usine, M. Bonacier fils, qui, jeune encore, est devenu le digne successeur de son père.

Il s'agissait de couler un lingot du poids de 11 à 12 tonnes; or, comme chaque cornue, quoique d'une capacité assez grande pour contenir 7 à 8,000 kilog. de fonte, ne coule en général que 5,000 à 5,500 kilog. d'acier (1), on avait eu la précaution de mettre en feu un certain nombre de fours à creusets, afin de pouvoir suppléer à la partie qui ne serait pas fournie par les cornues.

MM. Petin et Gaudet avaient eu l'amabilité de nous conduire à l'usine assez tôt, pour assister à tout le travail, depuis le commencement jusqu'à la fin; de sorte que nous avons pu suivre les opérations successives avec le plus vif intérêt.

Les deux grands fours à réverbère qui étaient en feu pour alimenter les appareils, contenaient chacun la fonte nécessaire pour remplir une cornue; et à côté se trouvaient les deux petits fours qui chauffaient également pour être prêts, au moment voulu, à fournir l'excédant de fonte qui doit s'ajouter à la matière après la décarburation.

Des rigoles ou gouttières mobiles en tôle, garnies intérieurement de terre réfractaire, étaient convenablement agencées pour recevoir la fonte en fusion; tandis que l'on chauffait l'intérieur des cornues dans les-

(1) Nous croyons que ces cornues sont encore jusqu'ici les plus grandes que l'on ait établies pour fabriquer l'acier Bessemer. Chacune d'elles est accompagnée de deux grands fours à réverbère, dont un seul fonctionne pour l'alimenter, et d'un autre petit four qui contient la fonte additionnelle.

quelles on avait jeté une certaine quantité de charbon incandescent, alimenté par un courant d'air, on chauffait en même temps les parois intérieures de la grande poche destinée à recevoir les produits des deux appareils.

Dès que le contre-maître, chargé de la direction des opérations, eut reconnu que tout était prêt, il ordonna la coulée de la fonte dans la première cornue qui, à l'aide de la presse hydraulique que nous avons décrite, a tourné sur elle-même pour présenter sa tubulure ou son bec avancé à l'embouchure de la rigole correspondante, et immédiatement un véritable ruisseau de feu, coulant avec rapidité, est venu remplir la cornue que l'on a redressée aussitôt, et activement alimentée d'un courant d'air dont la pression moyenne ne s'élève pas à deux atmosphères.

Pendant ce temps, la seconde cornue s'est présentée à son tour à la rigole qui amenait la fonte du deuxième grand four à réverbère, afin de se remplir de la même façon, puis on l'a relevée, sa tubulure en haut, et on lui a également envoyé du vent forcé. Deux fortes machines soufflantes prenant ensemble une puissance de 140 à 150 chevaux sont nécessaires pour fournir l'air aux deux appareils.

Comme il y a eu nécessairement quelques minutes d'intervalle entre les deux coulées, il est évident que la décarburation dans la première cornue était un peu plus avancée que dans la seconde. Après un quart d'heure environ d'insufflation, on voyait successivement la flamme changer d'intensité et de nuance ; aussi les praticiens reconnaissent aisément, à son simple aspect et au bruit de l'air dans l'appareil, le degré d'avancement de l'opération.

Le contre-maître ordonne alors d'arrêter le vent, de renverser la cornue, et d'y introduire une certaine quantité de fonte en fusion qui avait été préalablement chauffée au petit four à réverbère construit près du premier. On ne peut se tromper sur la proportion, parce qu'elle a été établie à l'avance, en pesant, d'une part, les gueuses jetées dans le grand four à réverbère, et, de l'autre, celles mises dans le petit four, proportion qui varie évidemment suivant la nature ou la qualité des fontes, et qui, en moyenne, peut être de 8 à 10 pour 100.

Dès que cette fonte additionnelle est versée dans la cornue, on redresse celle-ci et on insuffle un peu de vent pour bien effectuer le mélange; puis on la renverse de nouveau, en approchant alors la grande poche à l'aide de la grue tournante placée au centre de tout le système, et après avoir retourné et descendu cette poche au point convenable, on a suffisamment incliné la cornue pour y faire déverser sa matière liquide. A peine celle-ci était-elle vide que l'on faisait pivoter la grue pour amener la poche à moitié pleine au-dessous de la seconde cornue, qui avait complété sa décarburation et reçu la quantité de fonte additionnelle qui donnait à l'acier le degré voulu.

La poche remplie vint se présenter, toujours portée par la grue, au-

dessus de la grande lingotière préparée pour recevoir tout le métal liquide, puis on souleva la soupape fermant l'orifice du fond, afin de donner écoulement à la matière. Mais, en même temps, on avait eu le soin de remplir une petite poche placée à peu de distance, avec tous les creusets pleins que les ouvriers étaient venus verser successivement et en quelques instants. On avait établi une communication entre la partie inférieure de cette seconde poche et la partie supérieure de la première au moment même où elle se vidait dans la lingotière, de sorte qu'il n'y eût aucune interruption dans la coulée, qui se fit ainsi avec la plus grande régularité. Comme il y a eu un excédant de métal dans la grande poche, après le coulage du gros lingot de 11,000 kilog., on la transporta immédiatement, toujours à l'aide de la grue centrale, au-dessus d'autres lingotières plus petites, afin d'utiliser tout l'acier obtenu.

Nous pûmes constater que tout ce travail, qui a été, je le répète, un véritable spectacle pour nous, n'a pas duré plus d'une demi-heure depuis le moment où l'on a chauffé les cornues et qu'on les a successivement remplies de fonte en fusion jusqu'au moment où les lingots ont été coulés. Les opérations se sont succédé avec une telle rapidité et en même temps avec une si grande précision, que nous en étions vraiment émerveillés en les suivant avec la plus vive attention ; tout se passait sans bruit, sans paroles inutiles. Il suffisait à M. Bonnassiès de faire des signes à chacun des hommes chargés des diverses manœuvres pour qu'elles fussent exécutées à l'instant même, chaque ouvrier étant exactement à son poste, l'œil sur le maître et prêt à remplir l'ordre muet qui lui était indiqué.

Nous avons toujours admiré, de ce côté, le silence qui est généralement observé dans les usines de MM. Petin et Gaudet, aussi bien à Rive-de-Gier et à Saint-Chamond qu'à Assailly, toutes les fois qu'il s'agit de grandes opérations, comme le corroyage d'un gros arbre en fer, ou le laminage d'une roue, d'un bandage ou d'une plaque de blindage. Il est réellement curieux de voir cette légion d'ouvriers obéir comme un seul homme pour l'exécution des manœuvres qui ne leur sont commandées que par signes, tandis que, dans d'autres établissements, les chefs d'atelier se donnent souvent beaucoup de peine à crier, à se faire entendre, pour que les hommes comprennent leurs ordres.

En présence des résultats merveilleux obtenus avec les appareils Bessemer, résultats qui deviennent aujourd'hui tout à fait réguliers à l'usine d'Assailly, et qui commencent aussi dans quelques autres aciéries, bien des personnes ne craignent pas d'avancer qu'avant peu le prix de l'acier doit être tellement réduit qu'il sera inférieur à celui du fer.

Cette assertion pourrait être vraie si la consommation de ce métal, qui est évidemment appelé à remplacer le fer dans un très-grand nombre d'applications, répondait réellement à la production, et si, par suite, elle pouvait correspondre à la main-d'œuvre et aux frais généraux. Mais tant

que l'emploi en sera limité, et par conséquent tant que la quantité d'acier demandée par le commerce sera de beaucoup inférieure à celle que l'on peut raisonnablement produire avec les appareils établis, il ne sera pas possible de compter sur des prix très-réduits.

Avec les deux appareils de MM. Petin et Gaudet, dont les frais d'établissement s'élèvent à plus de 500,000 fr. (sans la prime payée à l'inventeur), il serait facile de fabriquer 800 à 1,000 tonnes d'acier Bessemer par mois, soit 32 à 40 tonnes par jour. Il suffirait, en effet, d'une moyenne journalière de quatre à cinq coulées pour chaque cornue, ce qui est très-possible, puisque, comme on vient de le voir, une demi-heure correspond à une double coulée. Il est vrai qu'il faut mettre la fonte en fusion dans les fours à réverbère; mais ceux-ci, étant en double, permettent de ne pas perdre beaucoup de temps dans cette opération. Le personnel et le matériel deviendraient ainsi convenablement utilisés. Mais si, au contraire, la consommation ne permet pas de faire plus de 300 à 350 tonnes par mois, soit 12 à 15 tonnes par jour, ce qui est environ la production actuelle d'Assailly, et qui correspond aux demandes faites par l'industrie, on ne fait pas la moitié des coulées qu'il est réellement possible de faire ; il en résulte que, comme le nombre d'ouvriers reste le même et que les appareils ne fonctionnent qu'une partie du temps, la dépense est proportionnellement beaucoup plus considérable, puisque la main-d'œuvre et les frais généraux se répartissent sur une production notablement moindre. Il doit en être de même dans toutes les grandes aciéries qui s'établissent avec le système Bessemer, et à plus forte raison dans les établissements de second ordre, qui ne fonctionnent qu'avec des appareils beaucoup plus petits, puisque la durée des opérations est la même et que le personnel est proportionnellement plus nombreux.

Les ingénieurs, les mécaniciens, comme les grandes compagnies industrielles, doivent donc chercher à multiplier autant que possible les applications de l'acier fondu, pour arriver à l'obtenir à bas prix, parce qu'alors la production sera réellement en rapport avec la consommation. Au sujet du coulage des lingots, disons que nous avons remarqué avec beaucoup d'intérêt les nouvelles lingotières imaginées par MM. Petin et Gaudet, et qui sont appliquées très-avantageusement dans le procédé Bessemer.

Ces messieurs avaient observé que lorsqu'on coule des petits lingots dans des moules ordinaires, au-dessus desquels il faut promener la poche qui doit les remplir, on perd du temps, on fait beaucoup de déchets et on n'obtient pas toujours des pièces bien saines, à cause des refroidissements rapides et des soufflures qui sont plus ou moins multipliées. Ils ont eu l'idée de faire des moules ou lingotières multiples, renfermés dans les mêmes châssis, avec un canal central par lequel a lieu la coulée, et qui communique par le bas avec tous les autres canaux ou moules

latéraux. De cette façon, la poche verse constamment sans être déplacée dans ce canal central, et la matière, se répandant à la fois dans toutes les lingotières, n'a pas le temps de se refroidir et donne des lingots sans soufflure, qui sont d'autant plus sains que l'air est chassé au fur et à mesure que le métal s'élève dans chaque moule. Ce mode de coulage des petits lingots constitue un perfectionnement très-important dans l'emploi du Bessemer : aussi il n'est que juste que MM. Petin et Gaudet s'en soient réservés les applications par un brevet d'invention.

Pour les gros lingots, ces messieurs ont aussi fait une amélioration qui avant peu, nous n'en doutons pas, sera bien appréciée par les constructeurs et surtout par la marine et les chemins de fer.

Jusqu'ici on a fondu ces lingots pleins; or, lorsqu'ils présentent un fort diamètre, de 25 à 30 centimètres, par exemple, et même plus, on n'est jamais certain qu'ils ne sont pas poreux, plus ou moins remplis de soufflures, et lorsqu'on les chauffe pour les soumettre à l'action du marteau-pilon, il est difficile, pour ne pas dire impossible, de leur donner le même degré de chaleur au centre qu'à la circonférence; souvent ils sont blancs à l'extérieur qu'ils n'ont pas atteint au cœur le rouge cerise. De là, par suite, des pièces qui ne présentent pas toute la solidité désirable.

Or, MM. Petin et Gaudet ont imaginé de couler ces lingots creux, comme des tubes très-épais. Il en résulte, d'une part, qu'ils sont beaucoup plus sains que lorsqu'ils sont fondus pleins; on est bien plus certain de leur homogénéité et de l'absence complète de soufflures; d'un autre côté, ils se chauffent très-régulièrement dans toute leur épaisseur, le centre acquiert, sans peine, la même température que la circonférence, et l'on obtient par suite des pièces très-résistantes, très-homogènes, qui présentent la plus parfaite sécurité.

Pour des axes coudés de locomotives, pour des arbres de couche de bâtiments à vapeur, on comprend l'avantage d'un tel procédé, car non-seulement ils sont plus solides, mais encore ils sont moins susceptibles de s'échauffer, en laissant constamment une circulation d'air intérieure. Dans la fabrication des canons en acier, il sera d'autant plus apprécié qu'il permet de réduire notablement la main-d'œuvre, puisque le percement de la pièce fondue creuse se fera dans un temps beaucoup plus court que celui de la pièce pleine. Pour les bandages de roues, pour les bagues ou les rondelles qui doivent revêtir les canons, ce système sera également appliqué avec succès, en fondant de grands lingots creux, en les forgeant et en les coupant par des plans parallèles à l'épaisseur voulue pour les soumettre ensuite au marteau pilon.

Un tel procédé est encore remarquable sous un autre point de vue, en ce qu'il permet de réduire considérablement la puissance nécessaire pour le corroyage. Il est en effet beaucoup plus facile de forger un gros cylindre creux qu'un cylindre plein, de section correspondante. Aussi

nous avons vu qu'à Saint-Chamond, après avoir commencé les modèles d'un énorme marteau-pilon qui devait avoir un poids considérable et une chute de 4 à 5 mètres, MM. Petin et Gaudet ont abandonné ce projet pour en établir un autre dans des proportions notablement réduites, et qui cependant pourra largement suffire à corroyer les plus forts lingots et les arbres des plus gros diamètres. Ce nouveau marteau présente sous le rapport de la construction des particularités très-intéressantes, qui constituent dans ce genre de machines des améliorations fort importantes que nous ne manquerons pas de faire connaître.

Les usines de Saint-Chamond, qui comprennent l'atelier des tours et modèles, les fonderies, les forges pour l'exécution des grosses pièces et les ateliers d'ajustage et de montage, n'ont pas moins pris d'extension que celle d'Assailly, qui est spéciale à la fabrication des aciers. Elles occupent aujourd'hui, avec les nouvelles acquisitions de terrains, une superficie considérable qui, avec les cours et les espaces libres, correspond à près de 50,000 mètres carrés, dont la moitié au moins est entièrement couverte. La plupart des anciens bâtiments sont successivement remplacés par de belles et larges halles, dont les fermes sont en tôle et à grande portée, avec des poutres armées, en fer, supportées par de fortes colonnes en fonte; le tout est disposé de manière à former partout des points d'appui tellement solides que l'on pourra sans crainte y appliquer les plus fortes charges, condition importante dans une fonderie où l'on est susceptible de couler de très-lourdes pièces.

L'outillage est certes plus considérable que dans la plus grande partie des premiers ateliers de constructions mécaniques, non-seulement sous le rapport des machines en activité, mais encore sous le rapport de leurs grandes dimensions. Il en est parmi elles plusieurs qui ont coûté chacune 40 et 50,000 francs. Pour compléter ce riche et puissant matériel, MM. Petin et Gaudet ont commandé tout récemment deux nouveaux tours et alésoirs destinés à l'alésage et au tournage des grosses pièces de canon, et dont le prix ne s'élève pas à moins de 120,000 fr.

On comprend sans peine qu'avec de tels outils on puisse enlever sur les pièces de métal de fortes épaisseurs de matière. Aussi nous avons emporté des copeaux de fer provenant du tournage des frettes de canon qui n'avaient pas moins de 10 centimètres de largeur sur plus d'un mètre de longueur. Les plus forts rabots des menuisiers ou des machines à travailler le bois n'enlèvent certainement pas d'aussi forts copeaux même dans les bois tendres.

Ces grands outils présentent de l'intérêt autant par le travail spécial qu'ils exécutent que par les dispositions particulières de leur mécanisme, et par les larges proportions ménagées dans toutes leurs parties. Ainsi, à côté des grandes machines à raboter horizontales à plusieurs outils, nous avons remarqué des raboteuses de MM. Elwell et Poulot, qui sont également horizontales, mais travaillent latéralement, afin de dresser les

côtés des fortes plaques de blindage que MM. Pétin et Gaudet exécutent pour la marine impériale, puis des raboteuses verticales, système Mazeline, que nous avons publiées dans le XIIe volume, et des limeuses de grandes dimensions à retour rapide.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de leurs puissants laminoirs à tôle qui, nous le pensons, n'ont pas encore leurs pareils en Angleterre, et avec lesquels ils ont exécuté ces énormes balanciers des bateaux transatlantiques qui font le service de Saint-Nazaire au Brésil et aux États-Unis. Ces laminoirs, connus aujourd'hui sous le nom de *laminoirs universels,* sont accompagnés de chariots spéciaux qui leur apportent les pièces des fours à réchauffer, et d'un système de supports mobiles qui soulèvent la plaque de métal au moment du passage, afin de faciliter son *engrènement ;* des cylindres verticaux sont appliqués sur les côtés, comme dans le système que nous avons publié dans le tome XVe, pour limiter la largeur du blindage ou de la feuille de tôle, et permettre de faire les côtés assez droits, assez corrects, pour ne pas avoir à les retoucher.

On se rappelle que ces laminoirs, qui sont commandés par une machine spéciale d'une puissance nominale correspondant à 5 ou 600 chevaux, se distinguent encore par l'application d'un mécanisme très-ingénieusement disposé pour changer le sens du mouvement de rotation des cylindres, afin de laminer les pièces à l'aller et au retour indistinctement.

Nous avons aussi mentionné la grande scie circulaire qui coupe à chaud les plus forts blindages, mais nous n'avions pas encore parlé des nouvelles cisailles à chariot supérieur, permettant de travailler dans deux directions perpendiculaires, et auquel sont suspendus par des chaînes des crics à main que les ouvriers manœuvrent avec une grande dextérité pour soutenir la tôle pendant le cisaillement, et l'amener successivement sous l'action du couteau. En voyant fonctionner une telle machine, on est réellement étonné de la rapidité avec laquelle les plus fortes tôles sont rognées et coupées de largeur sans grande fatigue pour les hommes qui la desservent.

Ce ne sont pas des heures, mais des journées entières qu'il faudrait passer à Saint-Chamond, pour visiter avec fruit tous les ateliers, suivre les divers genres de travaux, et pouvoir bien examiner tout le matériel en activité. Il nous serait bien difficile de raconter tout ce que nous y avons vu, malgré le peu de temps que nous y avons passé, à cause de la diversité et de la multitude d'opérations différentes qui s'effectuent à la fois et avec une très-grande rapidité.

Ainsi, dans la forge, on voit, d'un côté, des paquets sortant tout suants d'un four à réchauffer et portés au marteau-pilon pour être préparés à former des cercles ou des bandages de roue, que l'on va terminer au laminoir. De l'autre, des paquets plus forts apportés d'un autre four à une machine spéciale et fort ingénieuse, qui sert à confectionner la roue tout entière en une seule passe.

Plus loin, ce sont ces énormes paquets destinés aux plaques de blindage de 2,000 à 3,000 kilog. ou bien à la fabrication de ces feuilles de tôle qui ont 15 à 20 mètres de longueur et 10 à 12 millimètres d'épaisseur, ou bien encore ce sont de gros lingots d'acier que l'on veut allonger et corroyer, et qui sont successivement soumis à l'action du marteau-pilon et du laminoir.

Dans la fonderie, on remarque les nombreux fourneaux à la Wilkinson de grandes et de moyennes dimensions, capables de fournir la matière nécessaire à la coulée de pièces de 50 à 60 tonnes et plus; puis, à côté, des grues assez puissantes, assez solidement établies pour le transport et la manœuvre des grandes poches qui versent la fonte dans les moules les plus volumineux. Ajoutons qu'en ce moment on exécute une nouvelle grue automatique qui doit fonctionner à la vapeur, et qui présente des perfectionnements remarquables dont nous ferons prochainement, avec l'autorisation de MM. Petin et Gaudet, le sujet d'un article intéressant. Dans l'atelier d'ajustage et de montage, on est peut-être encore plus émerveillé, non-seulement, comme nous l'avons dit, à cause du grand nombre d'outils en fonction, mais surtout en raison du travail qu'ils exécutent. Il faudrait s'arrêter à chacune de ces machines très-longtemps pour pouvoir expliquer et bien faire voir tout ce qu'elles présentent de particulier.

Les ateliers de Rive-de-Gier, où se trouve le siége de l'administration, sont également bien meublés en machines-outils et en marteaux-pilons. On y exécute des arbres de fortes dimensions, des essieux coudés et d'autres organes; on y fait beaucoup de plateaux et de pistons en fer, des manivelles, des bielles, des essieux droits, sur lesquels on ajuste les roues de wagon, ainsi que beaucoup d'autres pièces spéciales.

MM. Petin et Gaudet, avec une obligeance et une confiance extrêmes, dont nous leur conservons la plus profonde reconnaissance, ne nous ont pas seulement fait visiter ces divers établissements dans tous leurs détails, mais ils nous ont encore fait entrer dans leurs différents bureaux, afin de nous montrer leurs livres et nous initier à leur comptabilité, qui, nous nous faisons un vrai plaisir de le déclarer, est tenue avec une simplicité très-grande, comparativement à ce que l'on fait habituellement, et néanmoins avec une lucidité, une exactitude telles, que, dans l'espace de quelques minutes, il est facile de se rendre parfaitement compte de la situation générale des affaires. Ce qui prouve que ces messions ont su s'entourer à la fois d'un personnel intelligent et honnête pour tout ce qui regarde la partie administrative et contentieuse, en même temps qu'ils ont formé pour leurs ateliers des chefs, des contremaîtres capables, travailleurs et dévoués, qui se sont attachés à leurs patrons, tout en se faisant estimer de leurs ouvriers.

TRAITEMENT DU LIN ET DU CHANVRE

MACHINES A BROYER ET A TEILLER LE CHANVRE

SANS ROUISSAGE PRÉALABLE

Par MM. LÉONI ET COBLENZ, manufacturiers à Paris.

(PLANCHES 28 ET 29.)

Nous avons consacré dans ce Recueil, comme nos lecteurs doivent se le rappeler, une large part aux machines et appareils destinés au traitement du lin et du chanvre, comme teillage, assouplissage et peignage mécanique, soit pour les préparations et la filature proprement dite, soit encore pour le cardage et le filage des étoupes, le tissage mécanique, etc. Nous croyons faire plaisir à plusieurs de nos lecteurs en leur faisant connaître aujourd'hui les procédés mécaniques de teillage inventés et mis en œuvre par MM. Léoni et Coblenz, qui ont cherché à broyer et à teiller le chanvre sans le faire passer par le rouissage, lequel est, comme on sait, une opération à la fois dangereuse, difficile et dispendieuse. Nous avons surtout été engagé à cette publication par notre regretté et bon ami, M. A. Brière, qui nous avait donné beaucoup de renseignements utiles sur la filature, et qui, en s'associant à la machine de M. Lallier, que nous avons décrite dans le XVe volume, nous faisait présager les meilleurs résultats du système de MM. Léoni et Coblenz.

Disons tout d'abord que ces messieurs avaient établis à Vaugenlieu, près Compiègne, une première usine qui, en peu d'années, avait pris une extension considérable, grâce aux nouveaux appareils installés, à l'agencement et à la conduite générale des opérations multiples se succédant avec une méthode et une régularité parfaites, et aussi par des combinaisons commerciales très-larges, qui démontraient une entente complète de l'industrie mise en exploitation.

Mais dans la nuit du 21 au 22 février 1864, un grand incendie a presque complétement détruit cette usine, que MM. Léoni et Coblenz venaient de fonder avec tant de soins et des difficultés de toutes natures, comme

celles, du reste, que l'on rencontre toujours quand on veut établir une industrie jusqu'alors sans précédent. Nous devons toutefois nous empresser d'ajouter qu'avant la fin de cette même année 1864, l'usine a été reconstruite sur un plan nouveau. Les bâtiments, considérablement agrandis, occupent maintenant une superficie de 2,000 mètres carrés. Les matériaux de construction ont été choisis de manière à écarter autant que possible les chances de sinistres. Les matières premières sont installées sous 3,000 mètres de halles en fer, et des ateliers spéciaux sont disposés pour servir au dégommage du chanvre et du lin. Une cité ouvrière permet de loger deux cents ouvriers.

Avant l'accident, MM. Léoni et Coblentz avaient demandé à la Société d'encouragement de vouloir bien nommer une commission pour faire un rapport sur leur usine. L'intérêt que présente le travail de cette commission, composée de MM. Alcan, Duchesne, Hervé-Mangon et de M. Barral, rapporteur, nous a engagé à en extraire une grande partie qui va nous permettre de donner sur cette usine des détails historiques très-complets.

Dans tous les temps, dit M. Barral, et dans tous les pays, la production et le traitement des matières textiles ont été justement l'objet des préoccupations publiques, puisque ces matières sont destinées à la satisfaction d'un des principaux besoins de l'homme.

Dans ces dernières années, privées de coton par suite de la guerre intestine des États-Unis d'Amérique, on a proposé son remplacement par une foule d'autres plantes; mais c'est surtout au lin et au chanvre qu'il était naturel d'avoir recours. Aussi, en France, l'agriculture a-t-elle donné une extension beaucoup plus grande à ces deux plantes.

Si les méthodes de préparation de ces substances parviennent à être simplifiées de manière à fournir un plus fort rendement en filasse, une diminution dans les frais, une amélioration dans la qualité des produits, une révolution nécessaire, ou tout au moins bien désirable, dans les méthodes si insalubres du rouissage rural, on peut penser que ces deux plantes deviendront d'un usage tout à fait populaire, et qui permettra d'oublier complétement les services jadis rendus par leur envahissante rivale. Il en résultera pour l'agriculture nationale une source de prospérité nouvelle; car, partout où une culture industrielle se développe, on voit aussitôt les autres cultures progresser, devenir plus productives et plus rémunératrices; l'aisance s'introduit, dès lors, parmi les populations rurales.

La Société d'encouragement pour l'industrie nationale ne pouvait, en conséquence, manquer d'étudier, avec la plus scrupuleuse attention, un procédé qui lui était présenté comme étant en exécution dans une très-grande usine, comme réalisant dès à présent et d'une manière complète le problème du teillage mécanique, avec *suppression totale du rouissage préalable*, tout au moins pour le chanvre destiné aux cordages, lequel forme les deux tiers de la quantité totale du chanvre consommé en France; comme promettant enfin, dans un avenir prochain, son application aux filatures de chanvre et de lin.

Après la description des procédés suivis dans l'usine de Vaugenlieu, ce rapport expliquera les progrès accomplis, il fera ressortir les avantages produits

par l'application des opérations mécaniques au travail du chanvre; il recherchera les résultats économiques, et enfin il exposera les progrès que l'agriculture peut en attendre. Mais auparavant il convient de rappeler que l'idée de retirer les fibres textiles du lin et du chanvre directement de la plante, sans avoir recours au rouissage préalable, n'est pas nouvelle.

A plusieurs reprises, le *Bulletin de la Société d'encouragement* a donné la description de procédés proposés pour résoudre ce problème. Nous citerons notamment celui de M. James Lee, qu'on trouve dans les *Bulletins* des années 1815 et 1816. Après la dessiccation des poignées, on les soumettait à l'action d'une broie ou brisoir, puis d'une machine à nettoyer, d'un peigne et enfin d'un affinoir composé de rouleaux cannelés et destinés à assouplir la filasse. (T. XIV du *Bulletin*, p. 206, et t. XV, p. 74 et 276.) Diverses modifications à ces machines furent ajoutées par MM. Hill et Bundy (t. XVII, p. 97).

M. Christian, directeur du Conservatoire des arts et métiers, a fait en 1817, au nom du gouvernement, divers essais afin de vérifier la possibilité des méthodes proposées par les Anglais pour le teillage direct du lin et du chanvre sans rouissage, et qui n'étaient que vaguement connues. A cet effet il a imaginé une machine, par laquelle il pensait pouvoir faire à la fois trois opérations, savoir: 1° aplatir la tige et briser le tuyau ligneux par petites parties dans toute sa longueur; 2° fendre longitudinalement ces petites parties, rompues précédemment dans leur largeur, et les séparer de la filasse, ce qui donne la chènevotte; 3° diviser et adoucir la filasse, se présentant alors par petits rubans plus ou moins larges.

La machine imaginée par Christian se composait de deux paires de cylindres cannelés auxquels on communiquait des vitesses différentes au moyen d'un double engrenage mu par une manivelle. La première paire des cylindres dits alimentaires était en fer; ces cylindres, d'un petit diamètre, portaient des cannelures longitudinales et angulaires sans être tranchantes. La seconde paire, nommée cylindres peigneurs, était en bois avec des axes en fer; les cannelures, parallèles à l'axe, étaient rapportées sur la circonférence, de manière qu'on pouvait les ôter et les remplacer à volonté. Ces cannelures étaient en bois dur, mais elles portaient à leur sommet des lames de fer taillées perpendiculairement à leur longueur, en petites dents plates, arrondies au sommet et polies sur toutes les faces. Ces lames étaient encastrées solidement à la partie supérieure des cannelures; celles-ci étaient tracées de manière que, en engrenant légèrement les unes dans les autres, leurs faces latérales frottaient l'une sur l'autre et ne permettaient point aux lames de fer de toucher le bois. Les cylindres alimentaires commençaient à aplatir les tiges, pour les livrer ensuite aux cylindres peigneurs, qui, animés d'une vitesse quinze ou dix-huit fois plus grande, fendaient la chènevotte et la détachaient des filaments; ceux-ci étaient adoucis et divisés par le frottement des faces des cannelures et par l'action des petites dents dans la rotation rapide des cylindres peigneurs. Il ne restait plus qu'à faire passer les fibres entre les pointes du peigne ou du séran ordinaire, du moins pour la fabrication des cordes ou des toiles grossières. (T. XVI du *Bulletin*, p. 225.)

Ces machines, construites par MM. Molard et Christian, ne furent pas adoptées dans l'industrie parce qu'elles donnaient des résultats trop imparfaits. On rencontre seulement aujourd'hui quelques teilleuses mécaniques fondées sur

l'emploi de tables et de cylindres cannelés, qui sont employés après un rouissage préalable du lin ou du chanvre, et quelquefois même avant et sans rouissage; telles sont celles de Robert Plummer, de Mac-Pherson, de Claussen, etc. (1).

La Société d'encouragement a ouvert pendant longtemps des concours pour la découverte de procédés salubres pour la préparation du lin et du chanvre, en remplacement du rouissage rural ordinaire. Des médailles et des encouragements ont été décernés à MM. Donadei, Bardou et Merk; mais le prix n'a jamais été remporté, et la question a été retirée du concours en 1853.

Après quelques tentatives en Autriche, MM. Léoni et Coblenz ont fait les premiers essais de leurs procédés en 1857, 1858 et 1859, à Ivry près Paris. Ces premières années se sont passées en expériences diverses, ayant pour but à la fois de chercher les meilleures dispositions des machines et de préparer des échantillons de filasse qui pussent être appréciés dans l'industrie.

Ce n'est qu'en 1860 qu'ils construisirent l'usine de Vaugenlieu et qu'ils sortirent de la période des expérimentations. Mais, pendant cette première année, la quantité de chanvre travaillé ne dépassa pas 50,000 kil. de tiges.

En 1861, la fabrication fut régulière jusqu'au mois de mai. A cette époque, de nouvelles machines durent être introduites dans l'usine, et les ouvriers furent en outre occupés à la récolte, dont la bonne exécution n'était pas encore connue dans le pays.

Pendant cette année 1861, on a broyé 125,000 poignées de chanvre pesant 300,000 kil. et correspondant environ à la récolte de 60 hectares.

En 1862, il y eut encore interruption dans la fabrication, pour l'agrandissement des ateliers et le montage de nouvelles machines et de chaudières; le travail ne porta que sur 120,000 poignées, pesant 310,000 kilogr.

En 1863, la quantité soumise à la fabrication, dans l'usine de Vaugenlieu, s'éleva à 495,497 bottes, pesant brut 1,346,940 kilogr., et correspondant à la récolte de 250 hectares.

Le travail n'a duré que six mois, mais il a été continué jour et nuit. Dans les derniers mois de l'année, de nouvelles machines ont été montées, les ateliers ont été agrandis et améliorés, et MM. Léoni et Coblenz espéraient pouvoir faire travailler plus de 5 millions de kilogrammes en 1864.

Ces chiffres démontrent qu'on est maintenant, à Vaugenlieu, en présence d'une exploitation sérieuse et progressive. Les livres de l'usine prouvent d'ailleurs que sa clientèle grandit, que le placement de tous ses produits s'effectue avec facilité, et que ces produits sont surtout recherchés dans la corderie (2). Le nombre des ouvriers occupés en 1863 a varié entre 75 et 100 par jour, travaillant avec deux séries de machines; en février 1864, 200 ouvriers étaient occupés jour et nuit, et faisaient marcher quatre séries de machines.

Lors de la visite de la Commission à l'usine, au mois de juillet 1863, il y

(1) Dans les vol. III et IV de ce Recueil nous avons donné la description de deux machines à teiller: l'une de M. Hoffmann, construite par M. Decoster; l'autre inventée par M. Mertens et exécutée par MM. Chapelle et Montgolfier.

(2) Parmi les principales maisons prenant des chanvres de Vaugenlieu, nous citerons MM. Coquerel-Tétard, de Boulogne-sur-Mer; Ouarnier-Mathieu, de Compiègne; Frémicourt-Becquet, de Lens; Sellier, de Dieppe; Merlié-Lefèvre et Ce, du Havre, etc.; ainsi que plusieurs filateurs et cordiers en Angleterre, par l'intermédiaire d'un agent à Londres.

avait une grande quantité de bottes de chanvre en meules et sous de grands hangars; ces bottes ou poignées ayant environ 0m 25 de diamètre, étaient amenées près d'un coupe-racines mu par la vapeur, et auquel un ouvrier les présentait pour en faire détacher les racines. Douze poignées à la minute étaient ainsi privées d'une partie ligneuse qui ne présente pas de filaments et qui constitue un véritable déchet dans le commerce, où l'on appelle ces racines des « pattes. » Le coupe-racines employé consiste simplement en une sorte de guillotine, dont le couteau se meut verticalement en tournant, à une extrémité, autour d'une charnière, et en se guidant, à l'autre extrémité, dans une coulisse.

Du coupe-racines, les bottes sont portées à un séchoir où elles sont placées verticalement et où elles sont soumises, pendant plusieurs heures, à l'action continue d'un courant d'air chaud qui monte à travers les tiges et remplace en France l'action des vents chauds du Midi.

Le broyage mécanique sans le rouissage préalable, avait, d'après les inventeurs, été essayé avec succès il y a quelques années sur des chanvres d'Italie et de Hongrie qui, à cause du climat chaud de ces pays, se trouvent blanchis et desséchés d'une manière complète avant leur rentrée en grange; mais l'opération n'avait pas réussi sous nos climats, sans doute parce que les chanvres y sont rentrés alors que le temps déjà froid et pluvieux laisse les tiges encore vertes et humides, avec leur gomme douée de toutes ses qualités adhésives.

Le séchoir à double parquet, imaginé par MM. Léoni et Coblenz, supplée à l'insuffisance de l'action de notre climat. L'air est introduit sous le parquet inférieur dans des carnaux par un ventilateur aspirant et foulant. Le ventilateur prend l'air dans le bâtiment des chaudières, lui fait traverser une série de tuyaux au milieu desquels serpente la fumée des foyers avant de se rendre dans la cheminée de l'usine. De là l'air est refoulé dans un canal de 50 mètres de longueur environ, qui le distribue dans les séchoirs par des carnaux transversaux et construits en briques creuses; il s'élève ensuite dans les séchoirs d'où il est attiré par des cheminées d'appel qui le déversent dans les ateliers supérieurs, ainsi chauffés et ventilés. Par ces dispositions, l'air dans les séchoirs n'est pas seulement obtenu économiquement, il est dans un état hygrométrique convenable pour le séchage très-délicat des matières filamenteuses encore tendues sur les tiges ligneuses.

A leur sortie des séchoirs, les bottes sont montées dans l'atelier du broyage, et alors soumises à l'action successive d'une grosse broyeuse, d'une broyeuse double et enfin d'une teilleuse.

La grosse broyeuse se compose de seize cylindres cannelés horizontaux, superposés et engrenant deux à deux, de manière à former huit paires. Les deux cylindres de chaque paire sont en communication avec un compresseur muni de poids, qui leur permet de se soulever plus ou moins suivant la quantité et la grosseur des tiges qui passent entre eux; les cannelures deviennent de plus en plus fines, à mesure que les cylindres s'éloignent davantage de l'avaloir en tôle dans lequel l'ouvrier introduit une certaine quantité de tiges à la fois, pour les soumettre à l'action de la machine. Les tiges sortent de là avec le bois écrasé, broyé et déjà en partie détaché des filaments textiles.

Pour achever le travail, on les fait passer dans une seconde broyeuse, machine jumelle, composée de chaque côté de vingt-deux paires de cylindres cannelés, d'un diamètre plus petit que celui de la première broyeuse. Ces

cylindres sont animés d'un mouvement circulaire alternatif en avant et en arrière, de manière qu'on peut faire passer deux, trois ou quatre fois, à volonte, la matière textile entre leurs surfaces. Ce résultat s'obtient à l'aide d'un excentrique qui conduit alternativement, de leur poulie folle sur une poulie calee, deux courroies dont l'une est croisée. Des compresseurs maintiennent, comme dans la machine précédente, les deux cylindres de chaque paire à une distance convenable, et aucune partie du bois des tiges n'échappe a leur action.

Les chènevottes tombent en dessous des deux broyeuses, directement dans des caisses placées dans les ateliers inférieurs; elles se produisent d'autant plus fines que les cannelures sont plus petites et plus serrées; elles sont immédiatement enlevées pour être employées dans les foyers des chaudières, dont elles forment à Vaugenlieu l'unique combustible.

Il ne reste plus maintenant qu'à passer les parties filamenteuses dans une nouvelle machine destinée à les débarrasser des fragments de bois qui adhèrent encore, à les dresser et à les diviser, et enfin à opérer la séparation des longs brins d'avec les étoupes. Ce travail se fait dans la teilleuse à double effet dont il nous reste à parler.

Cette dernière machine, dont le principe rappelle une invention de Philippe de Girard, se compose de deux grands tambours en tôle horizontaux, tournant l'un vers l'autre avec une vitesse de 200 à 250 tours à la minute, et maintenus dans une caisse en fonte, sur laquelle sont boulonnés les paliers qui reçoivent les axes autour desquels s'effectue la rotation. Les surfaces extérieures des deux cylindres sont revêtues de lames alternativement longitudinales et transversales ou perpendiculaires à l'axe, ces dernières ayant une forme parabolique. Les poignées de chanvre introduites entre les tambours, sont maintenues par la main de l'ouvrier qui les plonge et les retire deux ou trois fois, selon les besoins; elles subissent à la fois un alignement, un nettoyage et un peignage.

Les fibres se trouvent ainsi convenablement purgées d'étoupes et de bois, et suffisamment divisées et alignées pour qu'il soit possible que le filage en soit fait directement par les cordiers de marine pour en fabriquer de gros cordages; si l'on veut en faire de fins cordages, il suffit de leur faire subir un simple ravalage, et elles ont alors, dit-on, la qualité du chanvre acheté dans le commerce et qui a subi un épurage au peigne. En fait, les membres de la commission ont vu dans l'atelier de parage les femmes prendre les poignées de chanvre et n'avoir qu'à leur donner quelques coups d'un râcleur particulier et de très-légers soins de rangement, pour les plier, les lier et les placer dans les caisses.

Les caisses où les poignées sont ainsi déposées, doivent servir à la compression du chanvre en balles de 50 kilogr.

A cet effet, les caisses sont portées sous une presse à vis et à leviers, où leurs parois latérales sont maintenues par un encastrement de madriers et des barres de fer; alors on fait le serrage des presses, et l'on réduit le volume du chanvre environ aux deux cinquièmes, ou même à un tiers. On laisse tomber les quatre côtés des caisses en ouvrant les loquets de l'encastrement; il ne reste que le couvercle et le fond, dans lesquels sont des rainures correspondantes qui permettent de faire passer des cordes; celles-ci sont alors serrées et nouées, puis on relève les écrous des vis et on enlève les balles qui sont prêtes pour l'expédition.

Les déchets qui sont tombés à la teilleuse sont soumis à un peignage à la main par des ouvriers dans un atelier spécial; ce peignage produit moitié de courts brins, qui sont vendus aussi cher que les premiers brins pour la corderie, et moitié d'étoupes de peignage qui sont employées à la filature pour les gros numéros.

Avant d'aller plus loin dans la reproduction de cet intéressant rapport, nous croyons devoir décrire en détails les machines principales dont on vient de lire les dispositions sommaires; nous serons aidé dans ce travail par les dessins pl. 28 et 29, dont nous devons la communication à l'extrême obligeance des inventeurs, MM. Léoni et Coblenz.

DESCRIPTION DE LA CISAILLE OU COUPE-RACINES

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 ET 2 DE LA PL. 28.

Comme on le voit par ces figures, qui représentent l'appareil de face et vu par bout, ses dispositions sont des plus simples; il est composé d'un petit bâti en fonte A boulonné solidement sur un massif en pierre. D'un côté ce bâti est fondu avec un renflement à fourche *a* muni d'un trou alésé destiné à recevoir le boulon d'articulation du levier B, qui peut se déplacer en tournant sur le centre, sous l'impulsion de la bielle en fer C. Il est guidé dans ce mouvement par une coulisse ménagée dans l'épaisseur du secteur A′, fondu d'une seule pièce avec le bâti.

Le mouvement est transmis à la bielle C par une roue dentée dont l'un des bras est garni à cet effet d'un bouton de manivelle, et qui engrène avec un pignon claveté sur un axe muni de la poulie recevant la courroie de l'arbre moteur de l'usine.

Au levier B est vissée la lame en acier *b*, de forme curviligne, et au bâti une contre-lame *c*, composée de deux plaques présentant entre elles un angle de 45° environ, pour former une ouverture destinée à recevoir l'extrémité de la botte de chanvre garnie de ses racines.

La lame mobile *b*, dans son mouvement d'oscillation alternative qui lui est communiqué par la bielle, glisse à frottement très-doux contre la lame fixe *c*, en abattant à la fois toutes les racines qui lui sont présentées. La vitesse du mouvement de va-et-vient, adoptée pour que le service puisse se faire dans de bonnes conditions, est de douze coups par minute, ce qui correspond, comme il a été dit plus haut, à un même nombre de poignées de chanvre qui se trouvent débarrassées de leurs racines dans le même temps.

Les racines, une fois coupées, les bottes de chanvre sont portées, pour un certain temps, dans les séchoirs d'où elles sont retirées pour être portées à la première machine de préparation.

DESCRIPTION DE LA GROSSE BROYEUSE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 3, 4, 5 ET 6 DES PL. 28 ET 29.

La fig. 3, pl. 28, est une section longitudinale faite par le milieu de la longueur des rouleaux travailleurs.

La fig. 4 est une vue par bout du côté de l'entrée et de la transmission des mouvements.

La fig. 5, pl. 29, une vue extérieure de face.

Et la fig. 6, un plan général vu en dessus.

Cette machine est, comme on voit, composée de seize cylindres C et C', à cannelures profondes et engrenant deux à deux par paires superposées ; les cannelures sont de plus en plus serrées et les cylindres vont en diminuant un peu de diamètre en s'éloignant de la trémie alimentaire A, par laquelle les tiges sont introduites et dirigées entre les cylindres et qui, en outre, a pour but d'éviter, pour les ouvriers, le danger de se prendre les doigts entre les premiers cylindres.

Ce conduit en tôle, formant avaloir, est relié au bâti en fonte B par une équerre en fer *d* (fig. 4), et par une tige de même métal A' boulonnée à l'une des deux entretoises B', en forme d'X, qui maintiennent l'écartement des deux flasques verticales dont le bâti est formé.

Ces flasques sont fondues avec de petits évidements étagés sur deux rangées parallèles, pour recevoir des coussinets en bronze recouverts de chapeaux de même métal dans lesquels tournent les axes des rouleaux broyeurs C et C'. Les rouleaux supérieurs sont maintenus en pression sur les rouleaux inférieurs et par leur propre poids et par des contre-poids additionnels P et P' qui agissent par l'intermédiaire de leviers multiplicateurs sur les compresseurs mobiles E et E'.

Par ce mode de pression élastique, les cylindres peuvent se soulever suivant la quantité de tiges plus ou moins considérable que l'on engage entre eux.

Les compresseurs E et E' agissent par paire parallèlement, aux deux extrémités, sur les axes de quatre cylindres, par l'intermédiaire d'étriers *f* et *f'* qui les relient deux à deux. Ces étriers sont forgés au milieu avec des saillies arrondies en dessus et latéralement, sur lesquelles viennent reposer les extrémités fourchues et légèrement concaves des compresseurs, de telle sorte que, malgré leur réunion par groupes de quatre cylindres, chacun d'eux peut se soulever plus ou moins, indépendamment des autres, sans que pour cela il y ait de variations sensibles dans la pression qui est commune aux quatre cylindres.

Cette pression est transmise par les tiges verticales en fer F F', reliées d'un bout aux compresseurs par les écrous à manette *g* et *g'*, et par le bout opposé aux leviers G G', lesquels sont eux-mêmes reliés par les

tiges *h h'* aux leviers H H' munis des contre-poids P et P' qui exercent la pression complémentaire.

Par suite des rapports qui existent entre les centres fixes d'articulation *i* et *i'* de ces leviers et leurs points d'attache avec les tringles de suspension F, F', *h*, *h'*, l'action des rouleaux en fonte P et P', qui font l'office de contre-poids, se trouve multipliée dans la proportion de 1 à 6, c'est-à-dire que chaque contre-poids, pesant environ 65 kilogrammes, exerce une pression sur les axes des quatre cylindres de 390 kilog., ce qui correspond pour chaque cylindre à 97 kil. 50 qui viennent s'ajouter à leur propre poids.

Dans cette machine il n'y a que les cylindres inférieurs C, qui reçoivent un mouvement de rotation continue du moteur ; les supérieurs se trouvant entraînés par leur contact circonférentiel avec les premiers.

A cet effet leurs axes sont prolongés pour recevoir chacun un pignon d'angle *j* (fig. 6), qui engrène avec un pignon semblable *j'* calé sur l'arbre horizontal I. Cet arbre, supporté par quatre petites chaises en fer I' boulonnées contre le bâti, est muni, en outre des huit pignons *j'*, d'une roue d'angle J, qui engrène avec le pignon J' monté fou sur l'arbre moteur K.

Sur ce même arbre, supporté d'un bout par le palier *k* fixé au bâti, et du bout opposé par le support à chevalet K', est montée la poulie motrice L, dont le moyeu est fondu avec une griffe d'embrayage *l* (fig. 4 et 6). Cette griffe est destinée à être engagée dans le moyeu du pignon d'angle J', afin de le rendre solidaire avec la poulie et par suite être entraînée par elle. Quand la poulie en est dégagée (ce qui a lieu en agissant sur le levier à manette L' muni d'un collier qui embrasse le manchon à griffe *l*), cette poulie tourne folle sans transmettre alors aucun mouvement au cylindre broyeur.

Le levier d'embrayage L' est placé, comme on voit, près de l'avaloire, de sorte que l'ouvrier qui passe les tiges de chanvre dans la machine peut l'arrêter presque instantanément si cela est nécessaire, soit parce qu'il y a engorgement, soit pour toute autre cause.

Les tiges engagées d'abord entre la première paire de rouleaux cannelés de gauche subissent successivement l'action de toutes les autres paires dont la vitesse, presque insensiblement ralentie, va en décroissant jusqu'aux derniers rouleaux de droite, d'où elles sortent déjà largement broyées, laissant tomber sur le plan incliné en tôle M une partie de leurs chènevottes, lesquelles se rendent par ce conduit dans l'atelier placé à l'étage inférieur de celui qui reçoit les broyeuses.

Les tiges ainsi préparées par la grosse broyeuse sont enlevées au fur et à mesure qu'elles s'en échappent par deux ouvriers placés de chaque côté, afin d'en alimenter les deux *broyeuses accouplées* dites *à double effet,* qui sont montées à la suite de la précédente.

DESCRIPTION DES DEUX BROYEUSES ACCOUPLÉES

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 7, 8, 9 ET 10.

La fig. 7, pl. 29, est un plan complet vu en dessus des deux broyeuses accouplées par le mécanisme de la transmission de mouvement.

La fig. 8 montre l'une des machines en élévation extérieure, vue de côté.

La fig. 9, pl. 28, est une section verticale faite perpendiculairement à l'axe des rouleaux, suivant la ligne 1, 2 du plan.

A la suite de ces deux machines accouplées sont installées deux teilleuses à double effet, que nous décrirons plus loin.

La fig. 10 représente les deux broyeuses, vues par bout, du côté de leur accouplement par le mécanisme de la transmission de mouvement.

L'inspection de ces figures fait reconnaître qu'il y a une grande analogie entre ces broyeuses à double effet et celle précédemment décrite; elles se composent chacune en effet, comme la première, d'une série de cylindres cannelés c et c', qui sont ici d'un diamètre sensiblement moindre et en plus grand nombre, puisque, au lieu de huit, chaque rangée en compte vingt et un.

Tous ces cylindres sont animés d'un double mouvement circulaire, alternativement en sens inverse, de façon à permettre de faire passer les tiges entre leurs circonférences, deux, trois ou quatre fois à volonté, en les conduisant d'abord à l'arrière, puis en les faisant revenir pour les diriger de nouveau vers la sortie.

Comme dans la précédente machine, des compresseurs E, E', E^2, agissent par groupe sur les axes de quatre cylindres à la fois et par l'intermédiaire des étriers f, f', f^2, et des tiges verticales F, F', F^2, reliées aux leviers G, G', G^2, lesquels, par les tiges h, h', h^2 et les leviers H, H', H^2, reçoivent l'action des contre-poids p, p', p^2, et la transmettent multipliée aux cylindres cannelés.

Les deux derniers cylindres cannelés c^2 (fig. 7 et 9) ne reçoivent d'autre pression que celle de leur propre poids, et ils sont suivis de deux autres rouleaux lisses c^2, qui terminent la série, et dont le but est d'éviter aux ouvriers teilleurs qui saisissent le produit lors de son dernier passage, à la sortie des cylindres, de risquer d'avoir les doigts broyés par les cannelures. On peut remplacer avec un certain avantage ces cylindres unis par des cylindres en bois ou autres matières avec cannelures à large division.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT. — Pour pouvoir renverser à volonté le sens de rotation des cylindres broyeurs c et c', les constructeurs se sont trouvés dans l'obligation de compliquer un peu la transmission de mouvement. Voici les dispositions qu'ils ont adoptées :

Tous les axes des vingt et un cylindres cannelés inférieurs *c'*, de chacune des deux broyeuses, sont munis de petits pignons d'angle *j* et *j'* qui sont fixés, alternativement de deux en deux, aux extrémités opposées de chaque cylindre, pour être commandés par les pignons *i* et *i'* calés sur les deux arbres horizontaux I et I', lesquels sont montés parallèlement de chaque côté du bâti, dans des paliers *k* et *k'* boulonnés contre les flasques verticales B^2 dont ce bâti est formé.

Du côté des avaloires en tôle *a* qui servent à l'introduction des tiges entre les cylindres, et qui sont supportées, comme dans la grosse broyeuse, par des tiges arquées *a'*, fixées aux croix de Saint-André *b'* formant entretoises au bâti, les arbres I et I' sont munis des roues d'angle J et J' qui engrènent avec les pignons *l* et *l'* rapportés sur l'arbre horizontal K'; celui-ci, supporté par les paliers K' boulonnés aux bâtis des deux machines, sert à transmettre le mouvement aux quarante-deux paires de cylindres dont l'appareil double est composé.

A cet effet cet arbre, qui doit tourner pendant un certain temps dans un sens, puis, durant un même laps de temps, en sens inverse, reçoit au milieu de sa longueur, dans l'intervalle compris entre les deux machines, quatre poulies de même diamètre dont deux, L et L', sont clavetées, et les deux autres, L^2 et L^3, sont montées folles à frottement doux. Au-dessus de ces poulies, supportées par les deux colonnes N et par une traverse en fonte *m* (fig. 7 et 10) reliant les deux bâtis des broyeuses, s'élève un support à double chevalet N', qui porte à son sommet les paliers de l'arbre *m'*, au milieu duquel est fixée une cinquième poulie O.

Cette poulie reçoit par une courroie spéciale un mouvement très-lent du moteur de l'usine, et sa jante est munie de chaque côté des tringles rondes *o* et *o'*, occupant chacune, mais diamétralement opposée, une demi-circonférence; attachée en un point très-rapproché de la jante, chaque tige s'en éloigne en se contournant, pour revenir par un coude rapide se rattacher à la poulie.

Deux tringles *n*, fixées à une barrette *n'* qui peut glisser dans des guides boulonnés aux chevalets N', sont prolongées pour former une sorte de fourche présentant deux touches entre lesquelles agissent les tringles rondes excentrées *o* et *o'* de la poulie O. Celle-ci, à chacune de ses révolutions oblige alors les deux tringles *n* à se déplacer latéralement en entraînant avec elle la barrette *n'*, à laquelle sont fixées les deux fourchettes d'embrayage *q* et *q'*.

Comme il y a deux courroies, *x* et *x'* (indiquées en lignes ponctuées fig. 7 et 9) marchant en sens inverse, et qu'elles sont engagées entre ces fourchettes, il s'ensuit que le mouvement de translation transmis par les tiges excentrées *o*, *o'* à la barrette *n'*, fait passer alternativement l'une des courroies de la poulie folle L sur celle fixe L^2, et, contrairement, l'autre courroie de la seconde poulie fixe L^3 sur celle folle L' et *vice versa*. De là renversement dans le sens de rotation des rouleaux

broyeurs à chaque révolution de la poulie O ; il faut donc que la vitesse de celle-ci soit assez lente, relativement à celle des poulies fixes L^2 et L^3 qui transmettent le mouvement, pour laisser le temps aux tiges de parcourir toute la longueur de la table roulante et revenir ensuite à leur point de départ.

Lorsque les ouvriers placés en tête des deux broyeuses reconnaissent que le passage des tiges entre les cylindres a été répété un nombre de fois suffisant pour amener la brisure complète de l'enveloppe solide, et que la presque totalité s'en est ainsi trouvée détachée pour tomber dans la trémie en tôle M′ (fig. 9) qui conduit ces fragments à l'étage inférieur, ils engagent dans les avaloires *a* de nouvelles tiges provenant de la grosse broyeuse, tandis que quatre autres ouvriers retirent de la dernière paire de cylindres c^2 les tiges broyées. Ce service est facilité par de petits tabliers inclinés en tôle C^3, qui reposent sur les coffres de même métal recouvrant les *machines teilleuses*, placées à la suite des broyeuses pour achever le travail, c'est-à-dire pour nettoyer et enlever les fragments de bois qui adhèrent encore aux fibres, les dresser, les diviser et opérer la séparation des longs brins d'avec les étoupes.

DESCRIPTION DES TEILLEUSES A DOUBLE EFFET

REPRÉSENTÉES PAR LES FIG. 7, 8 ET 9.

Le deux machines à teiller, ayant les coffres en tôle destinés à les recouvrir supposés enlevés, sont représentées en plan, fig. 7, à la place qu'elles doivent occuper à la suite des broyeuses.

La fig. 8 représente l'une d'elles en élévation et la fig. 9, pl. 28, en verticale faite perpendiculairement à l'axe des deux tambours.

On voit que chacune de ces teilleuses est composée de deux tambours en tôle R et R′, reliés chacun par deux croisillons en fonte aux arbres en fer *r* et *r′*, montés dans des paliers fixés sur les bords latéraux de la caisse en fonte S, à l'intérieur de laquelle tournent en sens inverse les deux tambours. Ceux-ci sont garnis parallèlement à leur axe, suivant les rayons, de six palettes en tôle *s* également espacées. Entre ces palettes, et perpendiculairement, sont fixées sur la circonférence des dents minces *s′* assez rapprochées les unes des autres et disposées, pour chacun des tambours, dans un même plan, comme on le remarque fig. 7, de façon à ce qu'elles se trouvent en face l'une de l'autre, suivant des rangées parallèles et bien perpendiculaires aux deux axes *r* et *r′*.

Celui *r′*, correspondant au tambour R′, est muni, à l'une de ses extrémités, de deux poulies : l'une fixe T, transmettant le mouvement du moteur, l'autre folle T′ (fig. 7), sur laquelle on fait passer la courroie au moyen de la fourchette *t′*, que l'on manœuvre à l'aide du levier *t* pour interrompre, au besoin, la marche de la machine.

Le tambour R′ transmet le mouvement de rotation, mais en sens inverse de celui dont il est animé, au premier tambour R, au moyen de la roue U, calée à l'autre extrémité de son axe r' pour engrener avec la roue U′ fixée sur l'axe r. Ces deux roues sont en fonte avec dents en bois rapportées sur leur jantes.

Ces engrenages sont enfermés dans une caisse en bois V, destinée à garantir de leur contact les ouvriers qui ont besoin d'être près de la machine pour en faire le service, et deux couvercles en tôle demi-cylindriques V′ recouvrent les tambours ; ils sont munis de poignées qui permettent de les enlever aisément pour visiter l'appareil; au-dessous de celui-ci sont disposés les deux conduits M^2 par lesquels tombent à l'étage inférieur les bourres ou étoupes.

Deux ouvriers se tiennent de chaque côté des teilleuses doubles et présentent à l'action des palettes s et s' les poignées de chanvre, qui leur sont fournies d'une manière continue par la broyeuse qui la précède. Ils introduisent ce chanvre, comme on le voit fig. 9, par l'ouverture rectangulaire ménagée entre les deux couvercles V′, et les maintiennent d'une manière assez ferme pour que les deux séries de lames batteuses, qui fonctionnent simultanément sur les deux côtés de la fibre, ne l'entraînent pas.

On remarquera que dans cette opération, la fibre n'est pas frappée contre une substance dure, mais au contraire qu'elle reçoit simplement des coups alternatifs sur les deux côtés, et celą quelle que soit sa longueur. De plus, les deux puissants contre-courants d'air produits par la rotation inverse des deux tambours, qui tournent, comme il a été dit, à une vitsse de 200 à 250 tours par minute, maintiennent entre eux les fibres droites ; de sorte qu'elles subissent, dans les meilleures conditions possible, l'action des dents minces s' qui opèrent pendant le battage, effectué par les palettes s, un léger peignage destiné à les paralléliser sans présenter les inconvénients reconnus des peigneuses mécaniques.

Quand l'ouvrier, après avoir plongé la poignée de chanvre deux ou trois fois dans l'ouverture ménagée entre les deux couvercles, juge que cette poignée est suffisamment nettoyée et peignée, il la dépose sur une rampe en bois X (fig. 9), soutenue par deux tringles en fer X′ fixée contre le bâti de la machine.

Des femmes affectées à ce service enlèvent les poignées de chanvre déposées sur les rampes, leur donnent quelques coups d'un racloir, sorte de peigne à dents écartées, et les déposent, pliées et rangées, dans des caisses, pour les soumettre ensuite, comme il a été dit, à l'action d'une presse destinée, en en réduisant le volume, à former des balles de 50 kilogr. propres à être expédiées aux fabricants de cordage.

RÉSULTATS OBTENUS A L'USINE DE VAUGENLIEU

PAR L'APPLICATION DES MACHINES ET PROCÉDÉS DE MM. LÉONI ET COBLENZ.

Les résultats obtenus à l'usine de Vaugenlieu par MM. Léoni et Coblenz sont remarquables à plus d'un titre, car ils sont dus non-seulement à l'emploi judicieux des machines que nous venons de décrire et à la continuité méthodique des opérations qu'elles exécutent, mais encore aux combinaisons commerciales adoptées par ces messieurs pour obtenir des approvisionnements de chanvre suffisants dans une localité où ce genre de culture n'était pas encore développé. Ils ont dû, comme l'explique bien le rapport de M. Barral, dont nous allons reproduire la fin, s'entendre avec les cultivateurs, les intéresser à la question, les conseiller et les guider, conditions qui présentaient autant de difficultés que l'installation même de l'usine.

D'après le relevé des livres pour 1863, on a constaté que sur la quantité totale de chanvre brut, de 1,346,940 kilogrammes, qui a été préparée dans l'usine de Vaugenlieu, il a été obtenu :

98,407	kilogr.	de filasse, 1er brin, à	95 fr.	les 100 kilog.
62,670	»	de filasse, 2e brin, peignée, à. .	95 »	»
81,450	»	d'étoupes de peignage, à	35 »	»
52,150	»	d'étoupes de teillage, ou 2e brin brut (1), à	45 »	»
6,500	»	de déchets de peignage, à . . .	25 »	»
224,000	»	de feuilles et poussières gommeuses, à	2 50	»
65,600	»	de cendres, à.	3 »	»

En outre, la chénevotte produite a été supérieure d'un tiers à la quantité de combustible nécessaire pour les besoins de l'usine. Le rendement, pour 100 kilogrammes de chanvre brut, a été, en conséquence, de :

Filasse épurée, le 1er brin.	7 30
Filasse peignée, le 2e brin	5 10
Étoupes de peignage	6 »
Étoupes de teillage	3 90
Déchets de peignage	50
Total	22 80

Avec les procédés ordinaires du rouissage rural, on n'obtient que 12 1/2 pour 100, chanvre brut, et les produits ont été vendus, en 1864, à un prix moindre que ceux de l'usine de Vaugenlieu.

MM. Léoni et Coblenz ont fait remarquer qu'en 1863, la proportion du premier brin et du second brin avait été plus faible qu'à l'ordinaire, à cause de la

(1) Cette matière, dite ici étoupes de teillage, a été vendue dans l'état où elle sort de la teilleuse sans subir le peignage qui ordinairement la sépare en deuxième brin pur et en étoupes de peignage.

mauvaise qualité de la récolte, qui, en 1862, a éprouvé beaucoup d'orages, a été soumise à l'action de grandes pluies, et a donné un chanvre assez faible dans le département de l'Oise. Pour la récolte de 1863, travaillée au commencement de 1864, les proportions sont :

Filasse épurée, 1er brin	12 50
Filasse peignée, 2e brin	4 50
Etoupes de peignage	5 50
Déchets de peignage	50
Total	23 »

La bonne qualité des produits fabriqués, très-variés, ne laisse aucun doute sur l'efficacité des procédés dont nous avons donné la description. D'ailleurs la commission a pu constater que les principales corderies de France s'empressent de prendre les chanvres de MM. Léoni et Coblenz pour en faire les objets de corderie les plus divers : câbles, cordages, ficelles, objets de pêche, etc.

Un essai comparatif, fait à la fin de juin 1861, chez MM. Péan frères, fabricants de cordages à Nantes, a démontré que deux bouts de filasse de 4m40 de longueur chacun et pesant 85 gr., n'ont cassé que sous des charges de 115 et 120 kilog.; deux filins de même longueur et pesant 80 gr., mais fabriqués avec du chanvre roui du pays, ont cassé sous des charges de 75 et 85 kilog.

On comprend que la marine impériale n'a pas dû rester insouciante en présence de ces faits ; elle a fait plusieurs commandes à MM. Léoni et Coblenz, et des essais sur une grande échelle sont suivis dans les principaux ports militaires et en pleine mer. La question de la supériorité de la force n'y fait pas de doute ; il ne lui reste à éclaircir que celle de la conservation, pour laquelle l'épreuve du temps est nécessaire.

Aussi le rapporteur ajoute qu'il peut dire que, pour la corderie, le problème du travail mécanique du chanvre, sans aucun rouissage préalable, paraît être résolu par MM. Léoni et Coblenz.

En ce qui concerne la fabrication des toiles, les inventeurs soumettent la filasse à un dégommage à la vapeur; mais sur ce point non plus que sur l'application de leurs procédés au lin, rien de définitif n'est encore arrêté; pourtant un échantillon de papier fabriqué par M. Nouette-Delorme, et dans lequel il est entré 25 pour 100 de déchets de peignage de chanvre non roui, permet de supposer la réussite de cette application.

Un excédant de rendement de 10 pour 100 kilog. de chanvre brut, calculé sur les deux tiers seulement du chanvre produit en France, puisque ces deux tiers sont employés à la corderie, donnerait annuellement à la France une quantité de filasse de 40 millions de kilog. en plus et porterait à 105 millions de kilog. au lieu de 65 millions la quantité de filasse que produisent annuellement les 125,000 hectares soumis à la culture du chanvre dans notre pays. S'il est démontré, en effet, qu'on peut laisser sans inconvénient 10 pour 100 de plus dans les chanvres employés dans les corderies sans nuire à la qualité des cordages, il serait fâcheux qu'on n'entrât pas dans la voie indiquée par ces industriels. L'excédant de 10 pour 100 par rapport au chanvre brut, double presque la quantité pondérale de filasse tirée du chanvre.

Les résultats pour l'agriculture sont non moins importants que pour l'industrie. Voici, en effet, quels sont, en suivant les méthodes communes, les frais, par hectare, d'arrachage, de rouissage, dans le département de l'Oise.

La récolte s'élève à 1,500 bottes en tiges, environ 500 mâles et 1,000 femelles, pesant brut 8,000 kilog. et produisant 625 à 750 gr. de brins par botte, soit environ 1,000 kilog. de filasse par hectare. Les frais s'établissent ainsi :

	fr.	c.
Arrachage des mâles et femelles séparément	120	»
Battage de 1,000 bottes femelles	15	»
Marcottage, liure de la houppe après cette opération	3	75
Assemblage de 1,500 bottes par paquets de 8 bottes, liens en osier compris	9	25
Transport aux routoirs et retour aux fours	43	75
Accouplement des 190 paquets de 8 bottes, y compris liens en osier	4	75
Location du routoir	15	»
Mise à l'eau	9	25
Sortie de l'eau	9	25
Transport au parage, déliure, etc.	45	»
Mise en rose	3	75
Étendage à terre, etc.	5	25
Retournage, etc.	3	75
Ramassage et remise en poignées	5	25
Séchage, broyage, espadage, emballage, etc.	157	»
Total	450	»

Ce compte étant établi par hectare, produisant 1,000 kilogr. de filasse, constitue 45 fr. de frais pour 100 kilog. de filasse prête à être vendue.

Là où les prairies sont situées près des routoirs, il y a une économie de transport à faire; le reste des frais est partout à peu près conforme aux détails ci-dessus, en évaluant le travail dû aux prix actuels de la main-d'œuvre.

On ne peut estimer le prix moyen des filasses à plus de 85 fr. les 100 kilog. en 1863; les moins bonnes qualités ont été vendues à 78 fr.; les plus blanches, il est vrai, ont atteint les prix de 100 fr. et même de 120 fr., mais ce résultat n'est obtenu qu'au prix d'une réduction dans le rendement, de telle sorte que le produit brut de l'hectare, à raison de 1,000 kilog. de filasse, n'est pas supérieur à 850 fr. A ce chiffre, il est vrai, il faut joindre le produit de 5 à 8 hectolitres de graines, qui font une recette de 60 à 100 fr. Le produit brut en argent par hectare est ainsi de 950 fr. au plus, dont il faut déduire les frais applicables au rouissage; par conséquent, le produit agricole par hectare est de 500 fr. environ. Au contraire, par les procédés de MM. Léoni et Coblenz, d'une récolte de 8,000 kilog. de chanvre brut par hectare, on obtient, année moyenne, 1,900 kilog. de filasse, savoir :

	fr.	c.
1,000 kilog. de premier brin, à 95 fr. les 100 kilog., ou	950	»
450 kilog. de deuxième brin, peigné à la main, à 90 fr.	405	»
Et enfin 450 kilog. d'étoupes, à 35 fr.	157	50
Dont le produit total est alors de	1,512	50

Ce produit en argent est, par hectare, de 50 pour 100 plus fort que celui des méthodes communes, non compris les feuilles ou balles de chanvre qui forment un excellent engrais, et les chènevottes, qui, après avoir servi de combustible, donnent des cendres utilisées avec grand succès, soit dans l'agriculture, soit à l'extraction de la potasse.

Les frais de la préparation du chanvre à l'usine de Vaugenlieu, depuis la mise sous les hangars jusqu'au moment de l'expédition de la filasse et des étoupes, ne s'élèvent qu'à 190 fr. pour le traitement des 8,000 kilog., produit d'un hectare de bonne venue. Les frais généraux, comprenant : usure des machines, entretien des bâtiments, police d'assurance, impôts, bureaux, chauffage, éclairage, etc., s'élèvent à 85 fr.

Le total est de 275 fr. pour 1,450 kilog. de filasse et 450 kilog. d'étoupes, que l'on tire d'un hectare. Les frais de teillage sans rouissage préalable ne s'élèvent donc pas à 19 fr. pour 100 kilog. de filasse produits.

Le cultivateur est déchargé de tous les frais de rouissage, il touche, immédiatement après la récolte, le produit de sa culture, qui a été payée en 1863, par hectare donnant 8,000 kilog. de 700 à 800 fr. par l'usine de Vaugenlieu.

De là il faut déduire 50 fr. pour les frais d'arrachage exécutés d'après les règles décrites plus loin. Le cultivateur reçoit donc par hectare environ 200 fr. de plus que s'il rouissait lui-même.

Dans les calculs précédents, on n'a pas compté les graines, car MM. Léoni et Coblenz conseillent de ne pas les cueillir dans le département de l'Oise, où elles ne mûrissent pas et où l'on est obligé d'employer comme semences des graines venues des départements de la Sarthe et de Maine-et-Loire.

CULTURE DU CHANVRE.

Dans la région où est placée l'usine de Vaugenlieu, la culture du chanvre n'était pas très-avancée; elle se faisait surtout par les petits cultivateurs et seulement dans des sols privilégiés, passant pour très-riches. C'était là l'application du préjugé général qui fait planter les chanvres exclusivement dans les sols d'alluvion, sans doute à cause de la nécessité de se trouver à la proximité des cours d'eau, dont les ruisseaux affluents peuvent être transformés en routoirs.

MM. Léoni et Coblenz ont démontré que le chanvre, dont la racine est longue et pivotante, vient parfaitement dans toutes les terres où le sous-sol est meuble, perméable, a de la profondeur et est suffisamment calcaire. Des labours profonds, l'emploi de la marne et de la chaux et d'abondantes fumures parviennent toujours à faire de bonnes chènevières dans la plupart des terrains qui ne sont pas soustraits à l'action de l'air et du soleil par un rideau d'arbres ou tout autre obstacle naturel. Pour préparer une chènevière, on doit faire des binotages dès le mois de septembre et les hersages nécessaires pour rendre la terre friable. On fait l'épandage du fumier le plus tôt possible, afin de pouvoir l'enfouir par un labour bien profond avant les gelées.

Dès le printemps, on doit ouvrir le sol par un ou plusieurs bons hersages suivis immédiatement d'un bon demi-labour. Après un repos de trois ou quatre semaines, suivant le temps et l'abondance des plantes parasites, on recommence les hersages en les faisant suivre d'un profond et troisième labour.

Dans cet état, la chènevière peut attendre le moment de la semaille, qui a

lieu généralement en France, du 25 avril à la fin de mai, et qui, dans le département de l'Oise, se limite ordinairement du 10 mai au 10 juin.

On doit semer à raison de 3 hectolitres de chènevis bien nettoyés et purgés de grains blancs, qui ne fourniraient qu'un chanvre frêle et incapable d'arriver à bonne maturité. Avec de bons soins de culture et un bon choix de semences, la quantité de chènevis à employer peut être réduite à deux hectolitres.

La semaille doit être faite le lendemain d'un bon demi-labour. On doit couvrir la semence immédiatement par la herse ou même par la charrue, afin d'éviter le hâle du soleil et l'action du vent. On ne doit donner un coup de rouleau que dans les sols légers.

En concluant des traités raisonnés avec les cultivateurs et en imposant des conditions de bonne culture, l'emploi de bonnes semences et de bons soins d'arrachage, MM. Léoni et Coblenz sont arrivés à faire faire de grands progrès à la culture de la contrée où ils sont venus implanter leur intéressante industrie; dès maintenant ils peuvent compter sur les produits de 1,000 hectares là où, il y a quatre ans, ils obtenaient à peine ceux de 60 à 80 hectares.

Pendant les premières années, ils faisaient eux-mêmes l'arrachage et l'emmeulage du chanvre brut; maintenant ils ont pu laisser ce soin aux cultivateurs qui acceptent le programme suivant :

« 1° L'arrachage aura lieu *mâles et femelles ensemble;* il doit être commencé dans les trois jours de l'autorisation constatée par le bulletin spécial remis au vendeur. Cette opération doit se faire dans l'espace de quatre jours environ *au plus* par hectare.

« 2° Les tiges, bien alignées longitudinalement, racines secouées et arasées, seront réunies par poignées de 50 à 60 centimètres de circonférence, mesurées à 0m 50 du pied, où elles seront liées avec *fou-fin* ou paille, en tenant rigoureusement à part, pour en faire des poignées séparées et de même grosseur que les autres, les tiges fines de 0m 60 à 0m 80 de hauteur appelées fou-fins.

« 3° L'arrachage et toutes les autres opérations auxquelles on soumet les chanvres doivent être suspendus en temps de pluie.

« 4° Après l'arrachage, les poignées sont dressées par tas de cinq et ainsi laissées un jour ou deux suivant le temps, afin que les tiges se roidissent; on les met ensuite isolément en rose, c'est-à-dire qu'on remonte la liure vers le milieu pour bien arrondir, en les écartant, les tiges au pied de la houppe, de façon que chacune profite de l'air et du soleil.

« 5° Avant la mise en rose, les poignées sont comptées dans chaque pièce. et note en est prise par le représentant de l'acquéreur, d'accord avec le vendeur.

« 6° Si l'opération est bien exécutée, le chanvre peut être sec et suffisamment paré quinze ou vingt jours après l'arrachage, pour être emmeulé sur place ou à tout autre endroit que le cultivateur choisira.

« 7° L'état de dessiccation étant reconnu suffisant, le représentant de l'acquéreur donnera au cultivateur, et par bulletin spécial, l'ordre d'emmeuler. Les poignées devront être bien liées et marcottées (*liées en haut*), et les feuilles autant que possible secouées pour servir d'engrais. »

Les meules sont construites en plaçant une dizaine de bottes liées ensemble dans le milieu, les racines à terre; en couchant ensuite contre elles plusieurs rangées qui finissent par beaucoup élargir le pied. On accumule au-dessus de nouvelles couches de bottes, en élargissant le ventre de la meule, de manière

à faire un tronc de cône dont la petite base est en bas. Arrivé à la hauteur voulue, on place les poignées de manière à rentrer et à terminer en pointe. On couvre alors la meule de façon à assurer la bonne conservation du chanvre.

La quantité des poignées contenues dans chaque meule est déclarée au représentant de l'acquéreur qui la note sur le bulletin d'emmeulage.

MM. Léoni et Coblenz attachent une grande importance à l'arrachage simultané des tiges mâles et des tiges femelles, et ils estiment que les avantages que ce procédé produit ont beaucoup contribué à l'extension qu'a prise la culture du chanvre dans le département de l'Oise. En effet, la récolte se fait dans le tiers du temps qui était nécessité par l'ancien procédé, et elle demande beaucoup moins de soins que pour l'arrachage séparé des chanvres mâles et femelles.

En outre, la nouvelle méthode permet d'utiliser des ouvriers moins habiles, et cette double économie se traduit par une forte diminution dans le chiffre du prix de revient de l'arrachage, qui n'est plus que de 50 fr. par hectare en moyenne au lieu de 100 à 120 fr. que cette opération coûtait précédemment.

La récolte de la graine est souvent médiocre dans l'Oise; parfois même elle manque tout à fait. A peine peut-on compter sur une moyenne de cinq hectolitres par hectare, lesquels, au prix moyen de 12 fr. l'hectolitre, produisent 60 fr. au cultivateur. Si, par le système d'arrachage de MM. Léoni et Coblenz, ce bénéfice est supprimé, le cultivateur en trouve immédiatement l'équivalent dans la réduction du prix de l'arrachage lui-même, sans compter d'autres avantages qu'il en retire encore.

Ainsi, l'arrachage commençant quelques jours après la maturation des tiges mâles et dès que les femelles ont fermé leurs fibres, l'opération est terminée de quatre à six semaines plus tôt. Les champs sont d'autant plus tôt prêts à recevoir une autre culture. L'épuisement du sol est aussi beaucoup diminué si le chanvre est arraché avant la maturité de sa graine. En outre, lorsqu'on fait l'arrachage des tiges mâles à part, beaucoup de tiges femelles sont foulées aux pieds, ce qui n'a pas lieu avec le nouveau mode.

On peut ajouter que le rendement en fibres longues est plus fort lorsqu'on ne laisse pas mûrir les graines, parce que, pendant le temps de cette maturation, il se forme encore sur la tige des branches dont les nœuds d'insertion entrecoupent les fibres, le bois des tiges se durcit et se broie plus difficilement, les fibres ne se détachent plus dans toute leur longueur et deviennent moins souples et moins soyeuses.

ACHATS ET TARIFS.

Par un tarif spécial pour les achats au poids, MM. Léoni et Coblenz stimulent encore les soins à donner à la qualité des produits. Ils ne reçoivent les chanvres que bien secs, exempts de feuilles, d'herbes, de fou-fins (chanvres mal venus) et de terre; les tiges doivent être triées par longueurs égales et mises en poignées aussi petites que possible, n'ayant en tous cas pas plus de $0^{m}30$ de circonférence au milieu; les poignées doivent être liées et marcottées avec du petit chanvre. Pour des chanvres ainsi façonnés, ils ont adopté les prix suivants, d'après la longueur et la grosseur des tiges :

Longueur des tiges.	Grosseur des tiges.	Prix des 100 k. rendus à l'usine.
2 mètres et au-dessus. . .	de 0m 005 à 0m 010.	7 à 10 fr.
Idem. . . .	plus grosses ou plus fines .	4 à 7 fr.
1m 33 et au-dessus	de 0m 005 à 0m 010.	6 à 8 fr.
Idem.	plus grosses ou plus fines .	5 à 7 fr.
1 mètre et au-dessus . . .	grosseur moyenne	2 à 4 fr.

L'application définitive de ce tarif est faite à chaque livraison à l'usine, suivant la richesse en filaments, la nature, la qualité, l'état de siccité des chanvres et les soins donnés à la récolte. Dans une brochure sur la culture du chanvre, MM. Léoni et Coblenz font d'ailleurs des réserves sur l'influence que la provenance peut exercer sur la qualité, et sur celle des engrais dont ils prohibent l'excès.

On voit que l'usine de Vaugenlieu mérite tout à fait l'attention publique, non moins pour les progrès mécaniques qu'elle a réalisés que par ceux qu'elle a fait faire, et surtout qu'elle promet à la production agricole du chanvre.

CONCLUSION.

D'après ce qui précède, on doit reconnaître dans l'ensemble des appareils de MM. Léoni et Coblenz un agencement qui explique complétement le succès qu'ils paraissent obtenir aujourd'hui. Ils ont eu le courage de monter un très-grand établissement, en ne poursuivant qu'un seul but, en se bornant d'abord au chanvre employé dans les corderies. C'est ainsi qu'ils ont pu plus facilement vaincre les difficultés que présente toute chose nouvelle.

Enfin il sera bien permis d'invoquer ici la grande question de salubrité et d'hygiène publique que ne doivent jamais perdre de vue ceux qui sont appelés à apprécier la valeur d'un progrès industriel. La suppression du rouissage, même seulement pour une grande fraction du chanvre récolté, est un bienfait.

Cette suppression n'est pas contre-balancée dans l'usine de Vaugenlieu par l'exposition des ouvriers à des poussières dangereuses. Des arrangements ont été faits dans les ateliers afin de faire disparaître toutes les poussières par des ventilateurs, comme on est dans l'usage d'en établir dans toutes les usines de cette nature. En outre, l'usine est tenue avec tous les soins que l'on peut demander à des manufacturiers intelligents et bienveillants pour leurs employés. Des établissements de boucherie, de boulangerie, d'épicerie, etc., y sont adjoints, des maisons d'habitation avec jardins y sont construites.

A la fin de chaque année des primes en argent, s'élevant à 10 pour 100 des salaires, sont allouées, en même temps que divers objets de toilette ou d'ameublement, aux ouvriers qui se recommandent par leur bon travail, leur intelligence et surtout leur moralité et leur assiduité.

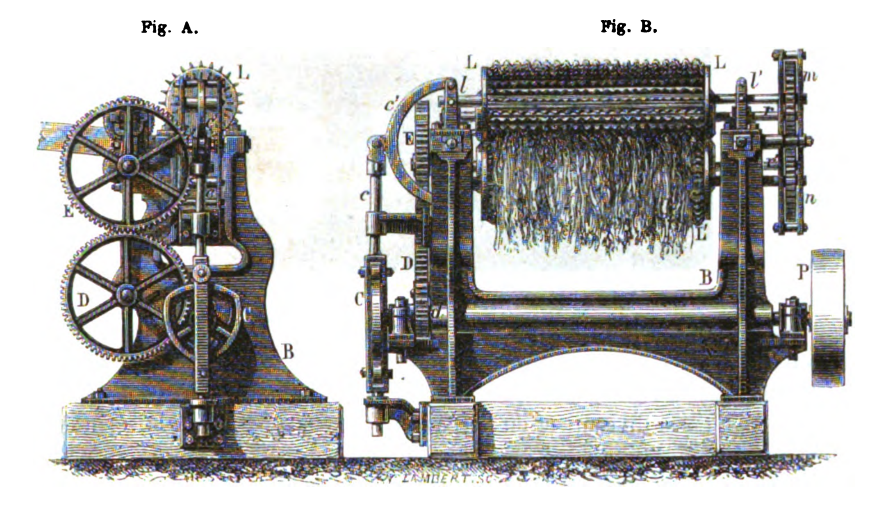
Les salaires sont payés à la tâche et se résument dans des prix de journées de 1 fr. 25 pour les femmes et de 2 fr. pour les hommes au minimum. Les ouvriers habiles se font des journées qui s'élèvent au double.

Sous tous les rapports, l'usine de Vaugenlieu, située au milieu de la campagne, mérite donc les encouragements de ceux qui s'intéressent aux progrès généraux des arts industriels, à la solution des grandes questions de salubrité publique et à l'amélioration du sort des classes laborieuses.

MACHINE A TEILLER LE LIN ET LE CHANVRE

PAR M. LEVEAU, MÉCANICIEN AU MANS.

L'ensemble des machines de MM. Léoni et Coblenz que nous venons de décrire, sont, comme on l'a vu, destinées tout spécialement au traitement du chanvre au moyen d'opérations multiples en évitant le rouissage. La machine à teiller de M. Leveau, dont nous allons rendre



compte, n'a pour but que le teillage proprement du lin et du chanvre, et par cela même est susceptible d'être utilisée dans tous les établissements où l'on s'occupe de la préparation de ces matières filamenteuses, et particulièrement dans la filature mécanique.

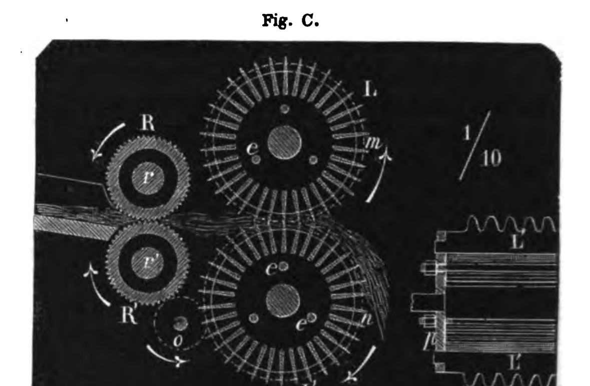
Cette machine, qui a très-bien réussi au Mans et dans plusieurs contrées de la France, se compose dans ses parties les plus essentielles de deux cylindres à axes horizontaux parallèles recevant, l'un et l'autre, des mouvements inverses de rotation autour de leur axe et de translation rectiligne alternatif parallèlement à cet axe.

Les deux figures A et B, qui représentent la machine en élévation de face et de côté, vont nous permettre de faire apprécier les particularités de ses dispositions, et en même temps celles de son fonctionnement.

On reconnaît à l'inspection de ces figures que tout le système est monté sur un bâti en fonte B boulonné sur un cadre en charpente reposant sur le sol. Les deux cylindres travailleurs ou teilleurs L et L' sont formés, comme l'indique le tracé fig. C, d'une série de lames en fer *m* et *n*, disposées suivant les génératrices et venant s'encastrer par leurs extrémités au moyen d'un talon dans deux plateaux circulaires *p* clavetés vers les extrémités des axes. Toutes les lames sont munies de dents

arrondies, disposées de telle sorte que, dans le mouvement de rotation des deux cylindres, les vides des unes correspondent aux pleins des autres lames.

Fig. C.



Avant d'être soumises à l'action des cylindres teilleurs, les poignées de chanvre subissent un premier broyage entre les cylindres cannelés R et R′, disposés à l'avant, très-près de leur circonférence, afin de diriger chaque tige en la divisant et en l'écrasant, pour la préparer à la séparation du fil et du bois.

Le double mouvement est communiqué aux cylindres par la poulie P, qui le reçoit par une courroie d'un manége ou d'un moteur à vapeur ou hydraulique. A cet effet, l'autre extrémité de l'arbre qui porte la poulie motrice P est munie d'un pignon *d*, qui engrène avec la roue intermédiaire D, commandant celle E fixée à l'un des bouts de l'arbre *r′*, du cylindre cannelé inférieur R′; celui-ci actionne le cannelé supérieur au moyen d'un pignon fixé à son autre extrémité, et engrenant avec un pignon de même diamètre calé sur l'arbre *r*.

Du même côté, le pignon du cylindre cannelé R engrène avec le pignon *o*, et celui-ci avec la roue *n* montée sur l'axe du cylindre teilleur inférieur L′, lequel commande le cylindre supérieur par la roue *m*.

Comme il est de toute nécessité que ces deux roues *n* et *m* restent constamment engrenées malgré le mouvement rectiligne de va-et-vient communiqué à leurs axes, ces deux roues tournent entre les deux branches d'un cadre en fer relié au bâti; il en résulte qu'elles ne peuvent se déplacer latéralement et que ce sont les axes seuls qui se meuvent avec leurs clavettes dans les moyeux.

Ce mouvement de translation parallèle des cylindres teilleurs est communiqué par la camme curviligne triangulaire C, fixée à l'extrémité de l'arbre porteur de la poulie motrice. Cette camme agit entre deux galets montés entre les branches d'un cadre en fer terminé par la tige verticale

c, laquelle, guidée haut et bas par deux collets fixés au bâti, se trouve ainsi animée d'un mouvement vertical alternatif de va-et-vient.

Cette tige transmet perpendiculairement ce mouvement aux deux cylindres teilleurs L et L′, à l'aide d'un levier en arc de cercle *c′*, relié, par ses extrémités, aux deux branches d'un petit balancier *l* dont l'axe oscille dans des paliers fondus avec le corps du bâti principal. Un balancier semblable *l′* est disposé de l'autre côté des cylindres, et, avec le premier, supporte les coussinets des deux arbres, qui se trouvent ainsi entraînés en sens inverse à chaque révolution de l'arbre moteur.

La machine est complétée par un tablier en bois placé au-devant et à la hauteur du point de contact des deux cylindres cannelés R et R′, pour recevoir les poignées de chanvre ou de lin à broyer que l'ouvrier doit engager entre ces deux cylindres alimentaires.

Comme les tiges de chanvre ou de lin sont généralement, comme on sait, dures et de force inégale, elles pourraient offrir une trop grande résistance en passant entre les cylindres, et les filaments s'en trouveraient un peu altérés; l'auteur évite cet inconvénient en interposant, sous les chapeaux du cylindre cannelé supérieur R, une plaque de caoutchouc vulcanisé qui, en faisant ressort, peut céder tout en aplatissant et en commençant à briser l'enveloppe.

RÉSULTATS ÉCONOMIQUES DE LA MACHINE.

Voici, d'après le rapport d'une Commission de la Société du matériel agricole de la Sarthe, les résultats obtenus avec une machine de ce système dont les cylindres teilleurs avaient $0^m 235$ de diamètre et $0^m 70$ de longueur.

La machine était commandée par un manége; on a admis pour le cheval la vitesse normale de $0^m 90$ à la seconde; par suite, la vitesse de rotation des cylindres a été de 7 tours 50 par minute, et leurs oscillations complètes pendant ce même temps de 675, dont l'amplitude peut être à volonté de 10, 12 ou 15 millimètres.

On admet généralement qu'en travail normal un homme peut broyer douze poignées par heure. On a trouvé que la machine pouvait faire facilement douze douzaines de poignées par heure, en employant dans son service deux femmes pour l'alimentation et quatre hommes pour le nettoyage, car le chanvre qui a passé par la machine n'est pas complétement nettoyé; la chènevotte est brisée, mais elle ne s'est détachée qu'en partie; il faut pour achever le travail le passer un certain nombre de fois sous le braye ordinaire pour lui faire subir la partie de l'opération du broyage à la main appelée lissage ou nettoyage.

La machine peut donc faire avec quatre hommes et deux femmes le

travail de douze hommes. Il en résulte une économie considérable que le rapporteur estime ainsi :

Les hommes employés à broyer le chanvre à la main gagnent en moyenne 2 fr. 20 par jour, et l'on compte la journée des femmes à 1 fr. et celle du cheval à 3 fr. Le travail avec la machine reviendra par jour à :

$$3 + (4 \times 2 \text{ fr. } 20) + (2 \times 1) = 13 \text{ fr. } 80.$$

Le même travail, exigeant 12 hommes, coûtera :

$$12 \times 2 \text{ fr. } 20 = 26 \text{ fr. } 40.$$

L'économie réalisée, en comptant 2 fr. 60 pour le graissage et l'entretien de la machine, est donc de 10 fr. par jour.

Le chanvre obtenu avec la machine présente ce grand avantage que les extrémités de la poignée sont aussi bien brayées que le milieu, résultat que ne permet pas d'obtenir le braye à la main.

L'expérience a été complétée en faisant peigner douze poignées de chanvre brayées à la main et en poids égal, soit 1 kil. 200 de chanvre de même qualité brayé à la machine. On a obtenu dans les deux cas :

Brins	1 kil. »
Étoupe	» 100
Déchet	» 100
	1 kil. 200

Il reste donc bien acquis à la machine un rendement de 3 pour 100, supérieur à celui que donne le braye à la main, si on se reporte au chanvre brut, et de 15 pour 100 si on compare la filasse teillée.

L'étoupe provenant du chanvre brayé à la machine renferme moins de chènevottes que celle provenant du chanvre brayé à la main, et est, par cela même, plus facilement utilisable.

Plusieurs machines ont déjà été livrées par M. Leveau et fonctionnent soit dans la Sarthe, soit dans Maine-et-Loire. Il résulte des déclarations du propriétaire de l'une d'elles, que le travail produit en 5 heures a été de 600 poignées de chanvre d'une longueur de 2m30 et pesant environ 880 kilog. Ces 600 poignées ont donné 216 kilog. de chanvre nettoyé, soit 24,54 pour 100.

La machine était conduite par un seul cheval et desservie par cinq personnes.

Depuis que ces résultats ont été constatés, les ouvriers sont devenus plus habiles dans le service et ils arrivent à faire passer non plus 12 douzaines de poignées de chanvre par heure, mais bien 200 à 250 poignées, ce qui correspond à un travail journalier de 16 à 18 hommes.

Le prix actuel de vente de cette machine est de 800 fr. avec le manége.

ÉLÉVATION D'EAUX

TURBINE HÉLIÇOIDALE

POUR

ÉLEVER DE GRANDS VOLUMES D'EAU A DE PETITES HAUTEURS

Établie à Alexandrie (Égypte)

Par M. J. CORDIER, ingénieur à Paris

Et construite par MM. LE BRUN ET LEVÊQUE, mécaniciens à Creil

(PLANCHE 30.)

Les machines destinées à élever de grands volumes d'eau à de faibles hauteurs sont généralement composées d'appareils très-volumineux et souvent, par suite, très-dispendieux pour produire un effet utile satisfaisant. Dès que l'on veut simplifier et employer des appareils réduits, tels que les pompes centrifuges et autres, l'effet utile diminue rapidement et ne dépasse qu'exceptionnellement 50 pour 100. La cause de cette décroissance de l'effet utile tient principalement aux grandes vitesses dont ces machines sont animées et aux remous ou aux chocs qui en sont la conséquence.

M. Cordier, ingénieur hydraulicien de grand mérite, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler dans ce Recueil, a pensé qu'on pouvait disposer une machine dont la vitesse serait modérée et dans laquelle l'eau n'aurait à éprouver ni chocs ni remous sensibles. Il s'est fondé sur les principes suivants :

Quand un plan, par exemple une feuille de tôle, incliné sur la surface d'une eau tranquille et y plongeant, se meut horizontalement et parallèlement à lui-même, l'eau s'élève le long de ce plan à une hauteur qui correspond exactement à la hauteur de laquelle devrait tomber un corps grave pour acquérir la vitesse du plan, et si la vitesse de celui-ci

augmente, l'eau s'élèvera jusqu'au bord supérieur, et déversera si la vitesse augmente encore.

L'eau ainsi déversée représentera théoriquement la force dépensée par le plan en mouvement. En pratique, ces conditions sont difficiles à remplir, car il faut obtenir la continuité et la périodicité du mouvement dans un espace restreint. Si le plan se meut circulairement autour d'un axe, les vitesses ne restent plus les mêmes pour tous les points; mais on comprend qu'en éloignant suffisamment ce plan de l'axe, en lui donnant peu de largeur, et en le rendant héliçoïdal, on puisse remplir approximativement les conditions exigées, sinon obtenir la perfection.

Basée sur les principes énoncés, la machine de M. Cordier se compose, en conséquence, d'un *tambour à axe vertical armé d'ailes héliçoïdales et de directrices* qui amènent et reçoivent l'eau sans choc. Les *seules pièces en mouvement et en contact avec l'eau sont les palettes*; aucune action giratoire n'est exercée sur la masse (1). On comprend que tant que la vitesse n'est pas supérieure à celle qui correspond à la hauteur à laquelle on veut élever l'eau, il n'y a pas d'écoulement, mais dès que la vitesse augmente, l'écoulement se produit et est proportionnel à l'excédant de vitesse.

Ce qui est encore remarquable dans ce système, c'est la simplicité de sa construction, résultant de l'absence de toute soupape ou vanne; la facilité de donner des quantités d'eau variables avec la vitesse; et surtout son effet utile qui est, d'après les expériences faites par l'auteur, supérieur à celui de toutes les machines de ce genre employées jusqu'à ce jour.

Nous devons ajouter que M. Cordier a été puissamment aidé dans la réalisation pratique de cette nouvelle machine élévatoire par M. Le Brun, qui, après en avoir fait faire sous sa direction toutes les études graphiques, l'a fait exécuter, conjointement avec M. Lévêque, dans leurs ateliers de Creil.

La turbine héliçoïdale représentée pl. 30 a été établie à Alexandrie,

(1) M. Faure, mécanicien à Paris, a pris un brevet le 6 juillet 1855, pour un appareil dit *hélice-pompe* se composant d'une hélice à axe vertical, mobile dans un cylindre en fonte dont le fond est percé de trous pour l'entrée de l'eau; une ouverture, près du couvercle, reçoit le tuyau d'échappement garni d'une soupape de retenue. Dans ce système, comme on voit, les spires de l'hélice vont rejoindre le moyeu fixé sur l'arbre, et tout l'appareil est entraîné dans le mouvement de rotation communiqué audit arbre, tandis que dans le système de M. Cordier, l'hélice n'occupe qu'un espace annulaire à la circonférence d'un tambour fixe central, muni de directrices, de là l'absence de mouvement giratoire transmis par l'appareil à la masse du liquide.

Nous devons insister sur ce fait, car M. le général Morin, dans son ouvrage *Des machines et appareils destinés à l'élévation des eaux* (Paris, 1863), donne la description d'une *pompe à hélice verticale*, qui fut présentée à l'Exposition de 1855, et sur laquelle il fit faire des expériences, lesquelles eurent pour résultat de faire reconnaître que ce système ne donnait que 0,18 à 0,19 du travail moteur, tandis que la pompe centrifuge de M. Appold, par exemple, avait donné un rendement de 0,65 environ, et avec des vitesses notablement moindres pour son maximum d'effet.

où elle fonctionne depuis deux ans pour élever les eaux du grand canal Mahmoudieh dans l'aqueduc souterrain qui alimente les grandes machines de la distribution des eaux dans la ville d'Alexandrie. Cette turbine ne fonctionne que pendant les basses eaux; elle devient inutile dès que le Nil a atteint une hauteur suffisante.

DESCRIPTION DE LA TURBINE HÉLIÇOIDALE

REPRÉSENTÉE PL. 30.

La fig. 1 est une coupe verticale passant par l'axe de la turbine et par la fosse et les massifs qui reçoivent la machine motrice, le tendeur de la courroie et la pompe alimentaire.

La fig. 2 est un plan général vu en dessus de l'ensemble de l'appareil correspondant à la fig. 1.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/40, seulement la hauteur du cylindre enveloppe de la turbine est moindre que dans l'exécution, mais les cotes indiquent les dimensions réelles.

Les fig. 3 et 4 représentent en détail, à une échelle double, c'est-à-dire au 1/20, la turbine proprement dite avec son axe creux porté par un pivot supérieur, et muni de la poulie au moyen de laquelle il reçoit le mouvement.

La fig. 5 montre, en section, le mode de construction des supports de l'arbre vertical de transmission, muni de sa poulie-volant.

La fig. 6 est une section verticale du mécanisme du tendeur.

Disposition générale. — Comme on le voit à l'examen des fig. 1 et 2, MM. Cordier, Le Brun et Levêque ont adopté une disposition qui permet d'actionner directement par courroie l'axe vertical de la turbine au moyen d'une poulie-volant. Mais cela a nécessité l'emploi d'un tendeur, lequel est d'autant plus nécessaire que les poulies sont privées de joues pour soutenir la courroie; ces joues ne sont donc pas indispensables, cependant, le plus ordinairement, dans ces sortes de transmissions, il est préférable que le bord inférieur des poulies en soit pourvu, afin d'éviter que la courroie, détendue au repos, ne glisse de leur circonférence et ne tombe.

Au lieu d'établir la commande par courroie, les constructeurs, pour plus de simplicité encore, comme ils se proposent de le faire du reste dans une nouvelle application du système, auraient pu remplacer la grande poulie par une roue à denture de bois qui aurait engrené avec un pignon en fonte fixé directement sur l'axe de la turbine. On pouvait ainsi gagner de la place et éviter le mécanisme du tendeur; mais pour l'installation de la turbine d'Alexandrie, ces considérations ne présentaient pas l'intérêt qu'elles pourraient avoir dans d'autres lieux.

Moteur a vapeur. — Le moteur est des plus simples, c'est une petite machine horizontale à haute pression, détente variable à la main et enve-

loppe de vapeur, de la force de huit chevaux; elle est fixée solidement sur un fort massif en maçonnerie A, qui est précédé de la fosse A′ destinée à recevoir le pivot de l'arbre de transmission, celui du tendeur et sa commande, ainsi que la pompe alimentaire; il est en outre utilisé par l'installation du réchauffeur B (fig. 2).

Celui-ci n'est autre qu'un cylindre en tôle dans lequel on fait arriver la vapeur d'échappement et en même temps de l'eau froide pour la condenser, et qui, à cet effet, tombe en pluie de la partie supérieure. Une partie de l'eau de condensation est aspirée par la pompe alimentaire qui la refoule dans la chaudière. Dans le vol. XI de ce Recueil, nous avons donné le dessin d'un appareil de ce genre.

Le cylindre à vapeur C a 0m260 de diamètre intérieur; il est renfermé dans une enveloppe, pour recevoir la vapeur de la chaudière avant de se rendre, par la valve d'émission, que l'on manœuvre à l'aide du volant à main *a*, dans la boîte *a′*, qui contient les tiroirs de distribution et de détente. Ceux-ci sont commandés par les bielles *b* et *b′*, reliées au coude *c* du bouton de la manivelle C′, laquelle est prise sur le moyeu de la grande poulie D, formant volant (fig. 1, 2 et 5), et dont le diamètre n'a pas moins de 2m700.

Le mouvement rectiligne du piston, dont la course est de 0m500, est transmis à ladite manivelle par la bielle D′, et sa tige est guidée par une glissière qui se meut dans les guides *d*, boulonnées au bâti en fonte E. Ce dernier est prolongé pour recevoir la douille en bronze *d′*, dans laquelle tourne l'arbre vertical E′, au sommet duquel est clavetée la poulie-volant.

Ainsi maintenu à sa partie supérieure au moyen de la large douille *d′*, et de son collet serré par la bague en fer *e* (fig. 5), cet arbre repose par son extrémité inférieure sur un pivot qui tourne sur un grain d'acier logé à l'intérieur de la crapaudine *e′*, laquelle est parfaitement centrée dans la poêlette F par les vis *f*, qui permettent de régler bien exactement la verticalité de l'arbre.

La poêlette est fondue avec la plaque F′, destinée à recevoir la pompe à eau froide G et la pompe alimentaire G′, placées dans le prolongement l'une de l'autre, de telle sorte que le même excentrique *f′* actionne à la fois les pistons des deux pompes. La première, celle G, aspire l'eau dans le canal et la distribue dans le réchauffeur B, tandis que la deuxième G′ prend l'eau chauffée par la vapeur condensée dans cet appareil pour la refouler dans le générateur à vapeur.

Voici les dimensions principales de ce moteur:

Diamètre du piston à vapeur.	0m260
Course dudit.	0 500
Longueur d'axe en axe de la bielle motrice. . . .	1 800
Diamètre extérieur de la poulie-volant.	2 700

Poids total de ladite.	1,500 kilogr.
Diamètre du plongeur de la pompe à eau froide.	0^m100
Course dudit.	0 150
Diamètre du plongeur de la pompe alimentaire.	0 070
Course dudit.	0^m150
Diamètre de l'appareil en tôle à réchauffer l'eau.	1 »
Hauteur de cet appareil.	1 500

Le générateur de vapeur est une chaudière sans bouilleurs avec carneaux latéraux à retour de flamme, qui est à la fois d'une disposition très-simple, d'une construction économique et d'une conduite facile, et qui, en outre, fait un excellent service; ses dimensions principales sont les suivantes:

Diamètre du corps cylindrique.	1^m »
Longueur » »	7 500
Diamètre du dôme de vapeur.	0 600
Hauteur » »	0 800
Timbre de la chaudière.	6 atmosph.

TENDEUR. — Par ce mode de transmission, au moyen de poulies tournant dans un plan horizontal, il est indispensable, comme nous l'avons dit, d'appliquer un mécanisme destiné à maintenir la courroie suffisamment tendue pour assurer son adhérence sur la circonférence de la poulie motrice D et sur celle de la poulie P qu'elle commande, et qui est fixée au sommet de l'arbre de la turbine.

Ce mécanisme se compose ici de la poulie H, dont l'axe vertical H′ descend jusque vers le fond de la fosse A′, pour venir reposer sur le grain d'acier de la crapaudine *h*, laquelle est logée dans l'épaisseur du châssis en fonte *h′* (fig. 1 et 6), ajusté à coulisse dans des guides boulonnés sur le socle ou plaque d'assise I.

La partie supérieure de cet axe H′ est maintenue par un collet en bronze prisonnier dans la tête du second châssis *i*, qui, de même que celui inférieur, est ajusté à coulisse entre deux guides fixés sur les deux fers à double T′, placé au niveau du sol en travers de la fosse.

L'arbre se trouve ainsi parfaitement maintenu en haut et en bas, et la poulie de tension, qui est montée folle à son sommet, peut, par suite, présenter la résistance convenable; il ne suffit plus, pour tendre plus ou moins la courroie, que de faire glisser les châssis *h′* et *i* d'une même quantité, c'est-à-dire bien parallèlement, afin de maintenir la verticalité de l'arbre.

Cette condition essentielle est obtenue au moyen des deux vis J et J′ (fig. 6) traversant des écrous filetés dans les châssis mêmes, et munis des petites roues d'angle *j* et *j′* commandées par les roues semblables *k* et *k′*, fixées sur l'arbre vertical K.

Celui-ci, supporté par une crapaudine i' et maintenu par les supports K′, est muni à son sommet d'un volant à main v, que l'ouvrier peut faire tourner à droite ou à gauche; les deux vis J et J′, par l'intermédiaire des deux paires de roues d'angle j, k et j', k', tournent alors dans le sens correspondant, et l'arbre H′ se trouve éloigné ou rapproché de l'axe de la poulie motrice, dont la courroie reçoit ainsi, à volonté, une tension plus ou moins grande.

Turbine. — Nous arrivons à l'organe principal de l'appareil élévatoire, la turbine héliçoïdale proprement dite, laquelle se compose du tambour en bronze L′ (fig. 1 et 4) fondu avec les palettes ou hélices l et avec un moyeu muni du collet en bronze l', qui les maintient parfaitement centrées sur une portée de l'arbre fixe L′; celui-ci est claveté à sa base dans le siége de la turbine, et porte à sa partie supérieure une crapaudine qui reçoit le pivot m (fig. 3), de l'arbre creux M auquel la turbine est fixée.

Au moyen de cette disposition, comme dans les turbines Fontaine, le graissage du pivot se trouve reporté à la partie supérieure, et son réglage, déterminant la hauteur exacte du tambour à hélices, peut se faire très-aisément par le serrage ou le desserrage des écrous m', dont la vis traverse une plaque en fer boulonnée à la tête de l'arbre mobile, laquelle, à cet effet, est fondu avec un renflement cylindrique muni de portées pour recevoir la poulie motrice P.

Au-dessous de celle-ci, l'arbre est maintenu par le palier n, dont le corps est fondu avec la traverse M′, fixée aux deux poutrelles N, à double T, qui, par les boulons de scellement n' (fig. 1), sont reliées à la maçonnerie du canal d'arrivée d'eau dans lequel la turbine est installée.

Celui-ci reçoit donc le socle ou siége N′, fondu, d'une part, avec une sorte de cuvette terminée par un renflement central pour recevoir l'arbre fixe L′ qui y est claveté, et, d'autre part, avec quatre cloisons o, disposées à angle droit et terminées par une courbe vers les hélices, de façon à diriger sur celles-ci l'eau qui arrive du canal et entre dans le socle par des ouvertures ménagées dans ce but sur ses quatre faces.

La turbine est enveloppée par une couronne O fondue avec deux brides, l'une servant à la relier au socle et l'autre à recevoir celle d'une seconde couronne O′ fondue avec quatre directrices o' (fig. 1), courbées inversement de celles o, c'est-à-dire se redressant vers le haut, afin de diriger l'eau dans le sens vertical à sa sortie des plans inclinés de l'hélice.

Sur la bride supérieure de cette seconde couronne est boulonnée l'enveloppe en tôle R, formant conduit pour l'eau élevée qui sort par le goulot r, auquel est attachée la conduite de sortie. La calotte centrale de cette couronne présente au-dessus une surface dressée sur laquelle se fixe le tube en fonte R′, isolant l'eau de l'arbre creux M, à l'extrémité inférieure duquel, comme on l'a vue, est montée la turbine.

MARCHE ET RENDEMENT DE L'APPAREIL.

L'eau à élever, arrivant librement par le canal, pénètre dans le socle N′ par des ouvertures qui y sont ménagées à cet effet, et elle est dirigée à la circonférence du tambour L, sur les plans inclinés de l'hélice *l*, au moyen des quatre directrices *o* se raccordant avec la partie bombée formant le plafond dudit socle.

La machine à vapeur étant mise en marche, la courroie engagée sur la poulie motrice D et sur celle P de la turbine, et, de plus, convenablement roidie par la poulie H du tendeur, l'hélice se met en mouvement; lorsqu'elle a atteint la vitesse convenable, l'eau aspirée s'élève verticalement, conduite par les quatre directrices *o′* dans le tube conducteur R jusqu'au déversoir *r*.

Comme les directrices *o′* sont fixes et que le tube enveloppe R′ l'est également, l'eau, à sa sortie de l'hélice, se trouve aussitôt ramenée dans un milieu calme, évitant ainsi toute espèce de mouvement giratoire qui serait si nuisible à l'effet utile par les frottements qu'il occasionnerait sur les parois.

La turbine qui fonctionne à Alexandrie, et dont la pl. 30 montre les dispositions, a les dimensions suivantes :

Diamètre extérieur des ailes.	1^m	200
» du moyeu.	0	800
» moyen des ailes.	1	000
Circonférence moyenne de l'hélice.	3	1416
Nombre de filets.	4	
Épaisseur des cloisons.	0	010
Pas de l'hélice.	0	440
Diamètre de la poulie montée sur l'axe.	0	900

Comme il a été dit précédemment, pour que cette turbine élève l'eau au-dessus d'un déversoir d'une hauteur déterminée, il faut que sa vitesse au diamètre moyen de l'hélice soit supérieure à celle

$$\sqrt{2gh}$$

due à la hauteur corrrespondante à la chute du liquide tombant dudit déversoir, car à cette vitesse la turbine ne pourrait que tenir en équilibre la charge d'eau.

L'excédant de vitesse qu'il convient de donner doit être presque égal à la vitesse due à la hauteur, car on comprend que l'effet utile décroît avec cet excédant, puisqu'il devient nul quand la vitesse est égale à celle-ci.

Dans les expériences faites par M. Cordier sur la turbine d'Alexandrie, il a trouvé qu'à une vitesse de 132 tours par minute, en élevant

200 litres d'eau par seconde à $0^m 90$ de hauteur, l'effet utile mesuré était de plus de 80 p. 100 de la force employée.

Ce résultat a été constaté en jaugeant l'eau élevée au-dessus d'un déversoir, et en appliquant un frein sur l'arbre de la machine à vapeur pour connaître la force qu'elle transmettait à la turbine.

Voici les données qui ont servi de bases aux expériences :

La vitesse rotative de la turbine étant de 132 tours par minute, et son diamètre moyen de 1 mètre, sa vitesse circonférentielle moyenne était alors, dans le même temps, de :

$$132 \times 3,1416 = 414^m 691,$$

soit, par seconde :

$$414,691 : 60 = 6^m 911.$$

La hauteur de l'eau entre les deux niveaux était de $0^m 90$, ce qui donne pour la vitesse V, d'après la formule précédente :

$$V = \sqrt{2 \times 9,8088 \times 0^m 90} = 4^m 202.$$

La différence existant alors entre la vitesse de l'ascension de l'eau par la turbine et celle due à la hauteur de la chute, est donc alors de :

$$6^m 911 - 4^m 202 = 2^m 709.$$

Le nombre de tours qui correspondent à cet excédant de vitesse est de :

$$\frac{2^m 709 \times 60''}{314,16} = 52 \text{ par minute.}$$

Or, d'après ses dimensions, la turbine engendre par tour un volume d'eau de :

$$3,1416 \times 0^m 200 \times 0^m 100 \times 4 = 251^{\text{litres}} 328,$$

soit alors par minute :

$$251,328 \times 52 = 13,068 \text{ litres,}$$

ou, en nombre rond, 13 mètres cubes.

Dans l'expérience faite à Alexandrie, dans les conditions indiquées ci-dessus, l'eau élevée s'écoulait par un déversoir qui avait $1^m 500$ de largeur avec une épaisseur de lame de $0^m 180$. Le volume d'eau de cette lame était donc de :

$$0,400 \times 1,50 \times 0,18 \times \sqrt{2 \times 9,8088 \times 0,18} = 20^l 34,$$

soit :

$$0^{mc},02034 \times 60 = 12^{mc} 204 \text{ par minute.}$$

On voit donc que la différence entre le volume d'eau engendré par la turbine et celui calculé du déversoir, n'était que de 850 litres environ par minute.

Si maintenant nous calculons le travail de la machine à vapeur dans les conditions où se sont faites les expériences, nous trouvons (1):

Surface du piston, moins la tige :

$$(0^{m}260^{2} \times 0,7854 - 0^{m}040^{2} \times 0,7854) = 0^{mq}0523.$$

Pression de la vapeur sur le piston = 2 atmosphères.

Vitesse du piston par seconde :

$$\left(\frac{0^{m}500 \times 2 \times 40}{60}\right) = 0^{m}666.$$

Détente au 1/4; par suite, le coefficient du rapport du travail total à pleine vapeur au travail dû à cette détente = 0,597.

D'après ces données on a :

$$T = 523^{cq} \times 2^{atm} \times 0^{m}666 \times 0,597 = 5^{ch}54.$$

L'expérience au frein a donné $2^{ch}50$, ce qui, pour le rapport de l'effet utile, donne :

$$5,54 : 2,50 :: 1 : x;\ \text{d'où}\ x = 0,45.$$

On a vu que la vitesse de la turbine était de 132 tours par minute. Or la grande poulie motrice a $2^{m}700$ de diamètre, tandis que celle qui reçoit le mouvement n'a que $0^{m}900$; il faut donc, pour que cette dernière soit animée d'une vitesse de 132 tours, que l'arbre moteur fasse :

$$\frac{132 \times 0^{m}900}{2^{m}700} = 44\ \text{tours}.$$

Le travail de la machine à cette vitesse est de :

$$T = 523^{cq} \times 2^{atm} \times 0^{m}733 \times 0,597 = 6^{ch}13,$$

soit alors pour le travail utile, d'après le coefficient d'expérience mentionné ci-dessus :

$$6^{ch}13 \times 0,45 = 2^{ch}76.$$

Le travail de la turbine, en eau mesurée au déversoir, a été :

$$\frac{12^{mc}204 \times 0^{m}900}{60 \times 75} = 2^{ch}44.$$

(1) Par leurs dimensions, la machine et son générateur représentent une puissance motrice de huit chevaux, et on remarquera qu'on a été loin d'utiliser cette force dans les expériences. Cependant, comme le travail à produire est proportionnel à la hauteur de l'eau à élever, et que l'on ne peut prévoir bien exactement jusqu'à quel niveau baissera le Nil, les constructeurs ont dû, en prévision des plus basses eaux, donner au moteur une puissance capable de produire le maximum d'effet.

Mais, en ne comptant pratiquement que sur une quantité de 12 mètres cubes, le travail réel est de :

$$\frac{12^{mc} \times 0,900}{60 \times 75} = 2^{ch}\,4.$$

Ce qui donne encore, pour l'effet utile de la turbine, le rapport :

$$\frac{2.40}{2.76} = 0,87.$$

Il n'a pas été possible, à cause du travail régulier qu'était obligé de faire la machine pour l'alimentation de la ville d'Alexandrie, de se livrer à un plus grand nombre d'expériences ; mais MM. Le Brun et Levêque construisent en ce moment pour Nubar-Pacha une turbine héliçoïdale de même force que celle que nous venons de décrire, mais devant élever l'eau à une plus grande hauteur, et sur laquelle M. Cordier se propose de faire des expériences très-suivies, cette dernière machine n'étant plus destinée à un service public.

On n'a donc pas eu cette fois le loisir de faire marcher la turbine à une plus grande vitesse ; mais tout fait présumer que l'effet utile augmenterait encore, quoiqu'il soit déjà très-élevé.

L'effet inverse se produit naturellement quand on diminue la vitesse, expérience qu'il a été très-facile d'effectuer en faisant varier le nombre de tours du moteur. Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus à différentes vitesses ; la première ligne de ce tableau résume les produits maxima obtenus à la vitesse de 132 tours, admise dans les calculs précédents.

Nombre de tours de la turbine par 1′.	Hauteur de l'eau entre les 2 niveaux.	Vitesse moyenne de la turbine par 1′.	Vitesse moyenne de la turbine par 1″.	Vitesse due à la hauteur par 1″.	Différence des vitesses par 1″.	Nombre de tours par 1′ correspondant à la vitesse en excès.	Épaisseur de la lame d'eau (1).	Volume d'eau calculé d'après la lame marquée.	Volume d'eau engendré par la turbine par 1′.	Travail de la machine d'après le nombre de tours.	Travail calculé d'après les hauteurs et le vol. d'eau élevé.	Rapport de l'effet utile.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	tours.	mèt.	m. c.	m. c.	ch.	ch.	
132	0,90	414,691	6,911	4,202	2,709	52,000	0,18	12,20	13,068	2,76	2,40	0,87
117	0,87	367,567	6,126	4,131	1,995	38,000	0,15	9,10	9,550	2,44	1,76	0,72
108	0,84	330,282	5,486	4,059	1,427	27,267	0,12	6,52	6,646	2,38	1,22	0,51
90	0,79	282,744	4,712	3,936	0,776	14,828	0,07	2,95	3,724	1,88	0,518	0,275
70	0,72	235,620	3,927	3,758	0,169	3,229	0,00	0,00	0,809	0,00	0,000	0,00

On voit que, pour obtenir un effet utile important, il faut conserver à l'hélice une vitesse circonférentielle de 6 à 7 mètres par seconde, ce

(1) La largeur du déversoir était, dans les cinq expériences, de $1^{m}500$.

qui correspond à un nombre de tours assez faibles, puisqu'il n'est pas de plus de 130 à 135 par minute, et qu'on pourrait encore diminuer, en augmentant le diamètre de la turbine. On sait, du reste, que les vitesses dues à la chute des corps ne croissent que comme les racines carrées des hauteurs, par conséquent, une vitesse double ou triple à la circonférence moyenne des ailes élèverait l'eau à une hauteur quatre fois ou neuf fois plus grande.

La turbine d'Alexandrie, par exemple, en marchant à la vitesse de 260 tours par minute, élèverait 400 litres par seconde à 3^{m} 60 de hauteur, représentant alors une force absolue de 19^{ch} 2 ; par suite, elle utiliserait entièrement une machine de 25 chevaux.

Si on voulait élever plusieurs mètres cubes d'eau par seconde, on devrait donner à la turbine un diamètre de 3 ou 4 mètres, et il conviendrait alors, pour obtenir la vitesse voulue à la circonférence, d'attacher directement, par exemple, les bielles de deux pistons à vapeur, placés à angle droit, à une manivelle fixée sur l'axe de la turbine ; il suffirait, dans ce cas, de communiquer une vitesse de 50 à 60 tours par minute.

On construit déjà des machines semblables en France et en Angleterre ; elles conviennent principalement aux arrosements, aux épuisements et aux dessèchements, partout enfin où il faut élever de grands volumes d'eau à des hauteurs qui n'excèdent pas 10 mètres ; elles présentent surtout des avantages sur les pompes lorsque les eaux à élever sont troubles ou chargées de matières étrangères.

ACIÉRIES D'UNIEUX

PRÈS FIRMINY (LOIRE)

Appartenant à MM. HOLTZER ET DORIAN

Et connues sous la raison JACOB HOLTZER ET Cie.

Il y a environ une cinquantaine d'années, un jeune ouvrier d'Alsace se rendait à Firminy, près de Saint-Étienne, après avoir travaillé dans diverses usines métallurgiques, et, à l'aide de quelques économies, montait une petite fabrique d'acier, qui, grâce à son activité et à son intelligence, ne tarda pas à prospérer et à grandir. Elle prospéra d'autant mieux qu'il n'en sortait que des aciers de premier choix, qui furent bientôt appréciés par les fabricants d'outils, par les taillandiers, les tailleurs de limes, et en général par tous les industriels qui connaissent l'emploi de l'acier de bonne qualité.

Nous ne pouvons mieux comparer M. Jacob Holtzer, qui a fondé les aciéries d'Unieux, qu'à M. Frédéric Japy, le fondateur de la fabrique d'horlogerie de Beaucourt, qui, comme nous l'avons dit dans *le Génie industriel,* est devenue la première usine du monde, non-seulement pour les mouvements de montres et de pendules, mais encore pour les vis à bois et les objets de quincaillerie.

C'était à l'époque où nous étions presque complétement tributaires de l'Angleterre pour les aciers de première qualité, et par suite pour la fabrication des outils, des limes et des tranchants de tout genre. M. Holtzer, qui avait compris nos besoins et prévoyait déjà l'avenir de l'industrie française, voulut, en homme convaincu et en travailleur infatigable, prouver à nos fabricants qu'il pourrait les satisfaire sous tous les rapports. Il est arrivé, en effet, après peu d'années, à acquérir une véritable renommée, comme la maison Jackson qui avait importé en France les procédés anglais. C'était aussi en vue de procurer aux manufactures d'armes une matière première qu'elle ne pouvait trouver qu'à l'étranger (ce qui n'était pas facile en temps de guerre). Les exigences de cette délicate fabrication avaient été si bien comprises par M. Holtzer que ces établissements n'ont cessé jusqu'à ce jour de s'approvisionner aux usines d'Unieux.

M. Jacob Holtzer est mort récemment, après avoir laissé à son fils, M. Jules Holtzer, et à son gendre M. Dorian, ses dignes successeurs, un établissement de premier ordre, qui livre au commerce plus de 3 millions de kilogr. d'acier par année, et qu'ils agrandissent encore depuis qu'ils sont devenus possesseurs d'une exploitation importante de minerais de fer dans les Pyrénées, à Ria, près Prades, minerai carbo-

naté spathique, qui, traité au charbon de bois dans trois puissants hauts fourneaux, produisent à volonté des fontes spéculaires très-recherchées pour la fabrication des fers et des aciers puddlés, et peuvent remplacer avantageusement les meilleures fontes de Suède. Ces fontes, obtenues à grains à la deuxième fusion, donnent des moulages d'une ténacité remarquable. C'est le cas d'ajouter que l'emploi de ces fontes n'a pas peu contribué à faire réussir en France la fabrication des plaques pour blinder les navires. Les fontes de Ria trouvent encore un autre débouché important, en remplacement des fontes de Styrie, pour opérer le dosage dans les appareils Bessemer.

La nomenclature des aciers fabriqués dans l'usine d'Unieux est très-variée, elle comprend les aciers fondus les plus fins et par suite les plus recherchés pour les travaux très-délicats, puis des aciers ordinaires pour les grosses pièces et les aciers puddlés, forgés et laminés. Elle peut donc fournir à tous les besoins de la consommation depuis les prix inférieurs de 40 à 50 fr. les 100 kil., jusqu'aux plus élevés de 150 à 200 fr.

MM. Holtzer et Dorian n'ont pas encore appliqué chez eux l'appareil Bessemer, parce qu'ils s'occupent depuis un certain temps, sous la direction de l'un de nos bons amis et anciens camarades, M. Goguel, d'un procédé particulier de son invention qui aurait pour objet d'opérer avec plus de rapidité et d'économie. Nous espérons pouvoir bientôt parler de ce procédé que nous serions heureux de faire connaître, dès qu'il sera en exploitation et que nous pourrons en constater les résultats.

On se rappelle sans doute avoir vu à l'Exposition universelle de 1855 de belles et grandes cloches en acier fondu, qui avaient été envoyées par l'usine de Bochûm, et dont le timbre surprenait tous les visiteurs par leur pureté et leur sonorité. La maison Holtzer, ayant acquis le privilége du procédé allemand, a ajouté cette spécialité à sa fabrication, en y apportant des modifications et une économie telles, qu'elles lui ont permis de livrer aux églises de France des cloches de toutes dimensions à moins de 1 fr. 80 c. le kilogramme, c'est-à-dire à un prix qui est à peine moitié de celui des cloches en bronze, et comme la densité de cette dernière matière est un peu plus élevée que celle de l'acier fondu, il en résulte pour les paroisses une réduction considérable dans le prix d'acquisition. Nous devons espérer qu'avant peu l'acier fondu sera considéré comme un métal aussi précieux, et, dans tous les cas, aussi catholique que l'airain, et qu'il sera adopté dans toutes les églises qui ne sont pas encore pourvues de l'instrument indispensable à l'appel des fidèles.

MM. Holtzer et Dorian, qui ont ajouté à la fabrication des cloches celle des pièces moulées en acier fondu, telles que les engrenages, ébauches d'essieux coudés, matrices, etc., possèdent à cinq ou six kilomètres de Firminy plusieurs usines hydrauliques dans lesquelles ils ont installé un grand nombre d'outils et de petits martinets pour la fabrication des faux et faucilles, fabrication qui est devenue relativement très-considérable

et dans laquelle ils ont également acquis une réputation bien méritée.

Ces usines existent depuis 1839 et ont été restaurées et agrandies il y a quelques années. Elles livrent annuellement aux agriculteurs environ 600,000 pièces, tant en faux qu'en faucilles; ce qui représente à peu près les deux tiers de la production française.

Il est curieux de suivre le nombre des opérations nécessaires pour fabriquer une faux qui, en résumé, est tirée d'une simple barre d'acier. Ici, comme dans plusieurs industries spéciales, on a compris la division du travail, laquelle est réellement faite avec une intelligence remarquable. Les ouvriers, aidés des machines ou des outils spéciaux qui sont à leur disposition, exécutent toujours, chacun en ce qui le concerne, une seule et même opération, qui, de cette sorte, se fait mieux, plus vite et plus économiquement.

Nous devons ajouter que le travail est d'autant plus varié que l'espèce, la forme et les dimensions des faux sont elles-mêmes très-différentes. Il faut évidemment se conformer, à ce sujet, aux habitudes, aux exigences de chacune des contrées pour lesquelles elles sont destinées. Le faucheur belge, comme le faucheur du nord, n'emploie pas du tout le même genre de faux que celui de l'ouest ou du midi de la France. Il en est de même des faucilles, mais la fabrique est organisée pour satisfaire à toutes les demandes, de sorte qu'elle possède aujourd'hui un très-grand nombre de modèles de ces instruments.

Parmi les machines-outils employées dans cette industrie, nous citerons particulièrement les martinets, qui jouent un rôle important dans plusieurs des manipulations les plus essentielles. Mis en mouvement par dix-sept roues hydrauliques à augets de quinze chevaux chacune, et trois turbines de vingt-cinq chevaux, ces outils fonctionnent avec une rapidité vraiment surprenante. Ainsi, il y en a qui donnent jusqu'à 1,000 à 1,200 coups à la minute, soit 18 à 20 coups par seconde. Si l'on en excepte les petites machines Reader (1), on ne peut évidemment pas construire des marteaux-pilons à action directe qui puissent marcher à une telle vitesse.

Au reste, ce genre de martinets à grande vitesse est appliqué dans bien des industries, particulièrement pour corroyer ou forger des petites pièces en fer ou en acier. Ce sont des machines simples, faciles à établir, d'une installation peu coûteuse, et n'exigeant pas beaucoup d'entretien. Elles sont donc réellement employées avec avantage, il faut seulement s'arranger dans le montage de façon à ce que le marteau fonctionne bien et que l'ouvrier qui est chargé de s'en servir se trouve lui-même placé le mieux possible pour ne pas fatiguer. Nous avons remarqué à ce sujet que les martinets des usines de MM. Holtzer et Dorian sont parfaitement installés; il en est de même, au reste, de tout le matériel des ateliers, du Pont-Salomon, de la Gerbe et de l'Alliance.

1. Nous avons décrit ces petites machines à forger dans les vol. VIII et XV.

TISSAGE DES ÉTOFFES FAÇONNÉES

MÉTIER MÉCANIQUE A TISSER

A ALIMENTATION CONTINUE ET A PLUSIEURS NAVETTES

Par MM. H., J. ET R. CRAWFORT ET R. TEMPLETON,

manufacturiers à Beith, comté d'Ayr (Angleterre).

(PLANCHE 31.)

Le métier que nous allons décrire se distingue de ceux dont nous avons fait connaître les dispositions pl. 21 et 33 du vol. XV et pl. 8 de ce vol., par des combinaisons mécaniques spéciales qui permettent :

1° L'alimentation continue et automatique des fils de trame, afin que le tissage puisse s'effectuer sans interruption. Ce résultat est obtenu au moyen d'une navette munie d'un ressort qui, mis en liberté lorsque le fil dont elle est garnie est épuisé, agit sur un mécanisme destiné à chasser cette navette en permettant à une nouvelle navette garnie de fil de se mettre à la place de la première. Par cette disposition on n'est plus dans la nécessité d'arrêter le métier lors de l'épuisement du fil de trame, ni même lorsqu'arrive la rupture de ce fil, car dans ce cas aussi un mécanisme particulier fait cesser le mouvement du renvidage sans pour cela arrêter le métier.

2° Le tissage des étoffes à plusieurs couleurs au moyen d'une boîte rotative renfermant plusieurs navettes.

Dans la description que nous allons donner de ce métier, nous nous appliquerons principalement à bien faire comprendre ces nouvelles combinaisons, renvoyant, afin d'éviter les répétitions, à nos articles antérieurs pour les dispositions générales communes à tous les métiers à tisser.

La fig. 1re représente le nouveau métier en section transversale faite par le milieu de sa longueur ;

La fig. 2 en est une vue de face dans le sens longitudinal ; l'extrémité de gauche du rouleau de l'ensouple est supposée brisée afin de laisser voir les pièces du mécanisme qui se trouvent derrière ;

La fig. 3 est un plan général vu en dessus de ce même métier.

Ces trois figures sont dessinées à l'échelle de 1/12 de l'exécution.

Les fig. 4, 5 et 6 représentent en coupe longitudinale vue de côté et en section transversale, à une échelle double des figures précédentes, une des boîtes à cinq compartiments qui contiennent les navettes.

Les fig. 7 et 8 font voir en élévation et en plan la navette au 1/4 de l'exécution ; le fuseau dans la fig. 7 étant relevé pour recevoir la canette.

Les fig. 9 et 10 montrent cette même navette en section et en plan, le fuseau baissé et encore garni en partie de fil.

La fig. 11 représente en détail le mécanisme du casse-trame.

Dispositions générales. — L'ensemble du métier ne diffère pas, comme nous l'avons dit, des machines de ce genre, on y retrouve les mêmes parties fixes qui supportent, guident ou relient les divers organes mobiles. Le bâti, composé des deux flasques en fonte A et A′ reliées par les entretoises B de même métal, supporte dans des paliers les deux arbres horizontaux *a* et *a′*. Le premier reçoit le mouvement du moteur au moyen de la poulie P calée à l'une de ses extrémités, et à côté de laquelle est montée folle la poulie P′, destinée à recevoir la courroie lorsque l'on veut arrêter la marche du métier. Cet arbre *a*, par un double coude et les courtes bielles *b′*, donne le mouvement au battant B′, dont les épées *b′* sont reliées vers le sol par une traverse en fonte C, pouvant osciller librement dans deux supports *c* fixés au bâti.

L'arbre inférieur *a′* reçoit le mouvement du premier par un pignon *c′*, calé près de la poulie motrice et engrenant avec la grande roue C′. Ce second arbre commande les fouets ou chasse-navettes D, par l'intermédiaire des arbres verticaux D′, et aussi les lisses *d* sur lesquelles passent les fils de chaîne (indiqués seulement sur les fig. 1 et 3 et sans les marches et le mécanisme des cammes qui opèrent leur soulèvement).

Derrière le bâti, monté sur un axe en fer qui peut tourner librement dans de petits supports, est placé l'ensouple en bois E, qui reçoit les fils de chaîne ourdie *e*, guidés par les poitrinières *d′* et *e′* pour traverser les dents du peigne ou *rot* dans lesquelles s'effectue le tissage, et se rendre sur l'ensouple du devant, au cylindre déchargeoir E′, sur lequel s'enroule le tissu au fur et à mesure de sa formation.

Navettes et mécanismes opérant leur remplacement. — Le corps même de la navette E ne diffère pas des navettes ordinaires, son fuseau *f* (fig. 7 et 10), destiné à recevoir la canette, peut tourner sur une goupille traversant la navette. A l'extrémité du fuseau est soudé un ressort *f′*, légèrement courbé en dehors et terminé par un talon formant crochet, lequel est engagé dans une ouverture pratiquée à la base du fuseau (fig. 7).

Dans la partie postérieure de la canette en bois G, qui se place sur le fuseau, est pratiquée une rainure (fig. 9) qui laisse saillir d'une petite quantité le talon de la lame de ressort *f′*, quand le fil n'est pas enroulé sur la canette ; mais, en enroulant le fil, ce qui se fait en

commençant par le milieu et formant ensuite la partie conique, la pression exercée par le fil à la base fait rentrer le ressort et oblige l'extrémité recourbée de son talon à sortir par le trou pratiqué dans le pied du fuseau, lequel est maintenu dans la position horizontale ou verticale, facultativement, par le ressort méplat *g* (fig. 8 et 9).

Dans le corps de la navette est encore pratiqué un évidement servant à loger un autre ressort *g'* (fig. 7, 8 et 10) qui est recourbé à angle droit pour venir rencontrer et maintenir le talon du ressort *f'*, au moyen d'un trou dans lequel il pénètre, et, par suite, maintenir la canette horizontalement. Dans cette position le ressort *g'* ne désaffleure pas la navette, ce qui permet à celle-ci de se mouvoir librement dans le compartiment de la boîte qui lui est réservé.

Lorsque le fil commence à s'épuiser, que celui qui recouvre la partie conique est entièrement dévidé, le ressort *f'*, ne se trouvant plus maintenu appliqué dans l'entaille de la canette, se soulève et par suite dégage le ressort *g'*, lequel alors désaffleure la navette en occupant la position indiquée en traits ponctués, fig. 8. Dans cette position il se met en contact avec un mécanisme que nous décrirons plus loin.

La petite quantité de fil qui reste enroulée au centre de la canette après l'extension des ressorts, sert à compléter la duite de manière à éviter des irrégularités dans le tissu. On peut également appliquer ce système de navette aux canettes à tube de papier ; dans ce cas il faut que le tube soit fendu ou que le papier soit assez mince pour permettre au ressort de le déchirer lorsque le fil de trame est épuisé.

Le mécanisme qui agit ici sur la navette ou lorsque le fil se casse, doit naturellement se trouver en relation avec les boîtes destinées à contenir les navettes. A cet effet, à l'un des bouts du battant B' est fixé l'arbre en fer g^2 (fig. 4 et 5) qui reçoit la boîte rotative G'. Un petit bloc cylindrique en bois G^2 prolonge la navette jusqu'au support extrême *h* de la tringle en fer *h'*, servant de guide au taquet H, lequel vient se loger à fin de course dans une entaille pratiquée dans ledit bloc G^2. Le taquet est chassé à la manière ordinaire par le fouet D, mais il revient très-rapidement sous l'action d'un ressort H' (fig. 2 et 3), enroulé en hélice sur une petite tige fixée au bloc G^2 de la boîte, et relié par une lanière en caoutchouc attachée au taquet H. Il résulte de cette disposition qu'aussitôt que le taquet a frappé la navette, il revient immédiatement reprendre sa position primitive.

La boîte est à cinq compartiments, mais pourrait en posséder un plus ou moins grand nombre ; dans tous les cas, sur le devant, est montée, à poste fixe, une tringle méplate *i* à laquelle est vissée une cage ouverte I (fig. 2, 3 et 6), destinée à recevoir les navettes pleines qui doivent être introduites dans les compartiments de la boîte.

Au-dessous de cette cage, et sur le devant, se trouve une tablette I', sur laquelle on dépose les navettes couvertes de fil pour servir à son

alimentation. Une fois qu'elles sont introduites dans cette dernière, elles ne peuvent plus s'en échapper, retenues qu'elles sont par la plaque i et par deux petits ressorts i' (fig. 6) placés aux extrémités.

Au moyen de cette disposition, l'ouvrier chargé de la conduite du métier n'a qu'à placer de temps en temps des navettes de fil dans l'ouverture de la cage I, et les compartiments vides de la boîte s'en trouvent garnis au fur et à mesure qu'ils se présentent.

Un mouvement de rotation d'un cinquième de tour est communiqué à la boîte en temps opportun, c'est-à-dire quand le fil d'une navette est employé, au moyen du mécanisme suivant :

Admettons l'instant où la quantité de fil enroulé sur la canette n'est plus suffisante pour maintenir le ressort f' (fig. 7), celui-ci en se soulevant dégage, comme nous l'avons vu, le ressort g' qui, alors, saillit en dehors de la navette ; celle-ci, en rentrant dans son compartiment, présente son ressort à une plaque J (fig. 4 et 5), qui sert à maintenir la boîte pendant le tissage. Or cette plaque peut osciller sur un centre j, et son bord extrême inférieur présente un plan incliné (fig. 4) qui, rencontré par la saillie du ressort g', dans le passage de la navette, l'oblige à se soulever et avec elle le levier J' qui y est relié par articulation. Ce levier est terminé par une coulisse dans laquelle est engagé un boulon o' qui le réunit au levier coudé K, relié lui-même au levier K'. Ce dernier est fixé par son autre extrémité à un petit arbre j' (fig. 1 et 2) qui fait partie d'une des épées b' du battant B'.

Au même arbre j' est fixé, au moyen d'une vis, le levier horizontal k, lequel présente une surface plane au contact d'un galet ou rouleau attaché au levier-manivelle L monté sur l'arbre à cammes a'. Il résulte de cette combinaison qu'à chaque révolution de cet arbre le levier k se trouve soulevé, et qu'alors, en oscillant sur son axe j', il entraîne le levier K' et ce dernier le levier K, auquel est attaché celui J' relié à la plaque J.

Ce mouvement peut se répéter à chaque coup, tant que le tissage se produit d'une façon régulière ; mais lorsque le ressort g' de la navette se détend et qu'il vient rencontrer la plaque J, le point d'attache du levier J' est soulevé, comme il a été dit plus haut, ce qui a pour résultat d'entraîner le soulèvement du levier K. Or celui-ci est muni d'un ergot k' (fig. 5) qui, dans ce mouvement, vient rencontrer une des dents du rochet l fixé sur l'axe de la boîte à navette ; retenu dans cette position par un goujon l' monté sur un bras L', qui peut céder en comprimant un ressort dont il est garni, l'ergot k', quand vient le soulèvement de la manivelle L, fait tourner le rochet d'une dent, et, par suite, la boîte d'une division, de sorte qu'un autre compartiment garni d'une navette pleine vient se présenter. Ce mouvement, qui se produit avec une très-grande rapidité, ne fait éprouver aucun retard dans le tissage.

Pour éviter une rupture dans le mécanisme, dans le cas d'une interruption accidentelle, le levier k est formé de deux pièces articulées et

reliées par un ressort *m* (fig. 1 et 3), composé de plusieurs lames d'acier qui ne permettent aux deux pièces de céder que sous un grand effort. Un autre ressort plus faible, à boudin *m'*, est appliqué à ce levier pour le faire redescendre chaque fois qu'il a été soulevé par la manivelle L.

Cette manivelle n'est pas fixée sur l'arbre à cammes *a'*, elle y est maintenue par l'accouplement de deux manchons *n* (fig. 2), qui sont fixés par des vis de serrage et présentent un évidement intérieur destiné à correspondre avec une saillie ménagée dans le moyeu de la manivelle. L'évidement a un développement plus grand que l'épaisseur de la saillie, afin qu'il y ait un temps perdu dans l'entraînement.

Ainsi, lorsque la manivelle tourne dans la direction du levier K', elle est entraînée par les saillies laissées par les évidements des manchons, ces saillies sont alors en contact avec celles du moyeu. Cette action se continue jusqu'à ce que la manivelle se trouve dans une position perpendiculaire au levier K', alors celui-ci, dépassant la verticale, redescend rapidement sollicité par son propre poids, et ne s'arrête dans le demi-tour, qu'il ferait naturellement sans cela, que sur les autres saillies qui font la contre-partie des évidements des deux manchons.

Par ce mouvement accéléré que possède la manivelle à cet instant de sa course, et qui la rend complétement indépendante des autres pièces du mécanisme, le battant peut effectuer son retour, ce qui sans cette combinaison, ne pourrait avoir lieu. Chaque compartiment de la boîte G' possède un élargissement *o* (fig. 6) sur toute la longueur pour loger le ressort *g'* de la navette lorsqu'il est ouvert, et permettre, par suite, à celle-ci de se mouvoir lorsque son ressort est dans cet état. Dans le même but, une rainure analogue est pratiquée dans la boîte G^3, dans le cas où le ressort *g'* serait mis en liberté pendant que la navette traverse.

Nous avons vu que c'était par le soulèvement de la plaque J, au moyen du ressort *g'* de la navette, que la rotation d'un cinquième de tour de la boîte était effectué sous l'action de l'ergot *k'* du levier K. Pendant ce mouvement, le levier articulé J' peut descendre en glissant dans la coulisse de son point d'attache *o'* (fig. 5), et la plaque J peut alors revenir à sa position normale dans le nouveau compartiment qui se présente, et qui contient une navette toute garnie de fil destinée à continuer le tissage sans interruption.

Sur la face de la plaque J, extérieure au compartiment, est fixé un petit ressort à pincette *p* (fig. 4 et 5), muni d'un arrêt qui, rencontré par le ressort *g'* de la navette, empêche celui-ci de trop se détendre. Quand la plaque J monte, le ressort *p* s'avance un peu au delà de la boîte, pour qu'elle ne retourne pas dans le compartiment d'où elle vient de sortir, mais, au contraire, pour laisser le temps à ladite boîte de se mouvoir d'une quantité suffisante pour que cette plaque et son ressort puissent se loger dans le nouveau compartiment qui se présente.

Lorsque la boîte a effectué son changement, un cliquet *m*, maintenu en pression par un ressort M′ (fig. 5), s'engage dans l'une des dents de la roue à rochet *l* et la retient dans cette nouvelle position.

Dans le mouvement de rotation de la boîte, la navette dont le fil est épuisé serait projetée au loin si elle n'était retenue par une lanière N (fig. 3), fixée au battant et qui passe au-dessus du compartiment; au mouvement suivant effectué par la boîte, la nouvelle position du compartiment permet à la navette de tomber sur une tablette N′, disposée à cet effet derrière le battant, et d'où on l'enlève pour être garnie de nouveau.

Les dispositions mécaniques qui viennent d'être décrites peuvent être appliquées simultanément avec un mécanisme agissant sur la boîte à navettes par l'intermédiaire d'un casse-trame, qui le met en mouvement quand le fil est rompu ou lorsque la canette est épuisée. Cet effet est obtenu par un mécanisme spécial qui change la navette au lieu d'arrêter le métier, ainsi que cela se produit dans les métiers ordinaires.

Mécanisme du casse-trame amenant le changement de la navette. — Le casse-trame *p′* est équilibré comme de coutume, et lorsque le fil se casse, sa fourche vient se mettre en contact avec la partie supérieure du levier coudé O (fig. 2, 3 et 11). Ce levier est monté sur un axe fixé intérieurement à la flasque de droite du bâti, sur laquelle il peut osciller librement sous l'impulsion de la manivelle O′, monté à frottement doux sur l'arbre à cammes *a′*, au moyen duquel il est entraîné par un double manchon à griffes *q*, d'une construction semblable à celui *n*, qui entraîne la manivelle L. Sous l'action de la manivelle O′, le levier O, par sa fourche, actionne le bras coudé *q′* qui supporte le casse-trame *p′*; ce bras est réuni par une vis de serrage *r* avec la tête du levier vertical Q, fixée sur l'arbre horizontal Q′ régnant toute la largeur du métier.

Le mouvement communiqué à cet arbre par le levier Q actionne un autre levier R fixé également sur cet arbre, près du bâti de gauche (fig. 1 et 3); celui-ci soulève une tige horizontale en fer *r′* arrêtée dans la coulisse du levier coudé R′, et munie d'une tringle verticale *s* (fig. 2), reliée à la plaque J, de sorte que cette dernière qui, comme nous l'avons vu, maintient la boîte à navette pendant le tissage, se trouve soulevée à ce moment et met la boîte en liberté; alors le levier K agit et fait tourner la boîte d'une amplitude égale à un de ses compartiments. Le levier coudé R′ est ensuite ramené dans sa première position par un ressort à boudin *s′* (fig. 1re).

Le levier R, fixé sur l'arbre horizontal Q, a encore une autre mission, celle d'empêcher l'avancement du tissu pendant l'arrêt momentané de la navette. A cet effet dans une rainure, pratiquée vers le milieu de sa longueur, est engagée une chape *t*, munie d'un goujon qui saillit latéralement pour rejoindre les cliquets *t′* et les dégager des dents de la roue à rochet S, qui donne le mouvement à l'ensouple par l'intermédiaire des roues et pignons S′ (fig. 2).

Ce soulèvement des cliquets permet plusieurs mouvements du battant sans entraîner la roue à rochet qui, en outre, pour plus de sûreté se trouve maintenue pendant ce temps par un encliquetage *u* monté sur le levier coudé U (fig. 1). Celui-ci est aussi muni d'un contre-cliquet destiné à faire tourner de plusieurs dents, en sens inverse, la roue à rochet, dans le cas où cela serait nécessaire pour prévenir toute irrégularité dans la marche du métier et par suite dans le tissu.

La partie inférieure du levier U est coudée à angle droit, afin de pouvoir y suspendre au besoin un contre-poids *u'* destiné à assurer le fonctionnement de ce double encliquetage.

Arrêt automatique du métier. — Dans le cas où la navette resterait engagée dans le passage, en traversant d'une boîte à l'autre, la boîte aux navettes est munie d'une disposition automatique qui arrête le mouvement du métier. A cet effet, au-dessus de la boîte G', est disposé un petit arbre horizontal T, pouvant tourner librement dans ses paliers et garni d'un appendice T' (fig. 4) dirigé vers la boîte. Lorsque la navette effectue ses mouvements de va-et-vient, l'appendice T' est à chaque passage repoussé en dehors de la boîte; il en résulte un mouvement oscillatoire communiqué à l'arbre T, et, par suite, à un petit levier *v* (fig. 1) monté à l'extrémité de cet arbre, lequel repousse un autre levier courbé *v'* fixé sur l'arbre *x*. Le mouvement que reçoit cet arbre, qui règne sur toute la largeur du métier, est transmis à un levier *x'*, calé à son autre extrémité (fig. 2 et 3); celui-ci soulève l'arrêt *y* et lui permet ainsi de se mouvoir librement avec le battant, en laissant le grand ressort méplat V dans sa position normale.

Quand, au contraire, ce mouvement n'a pas lieu, par suite du retard de la navette, l'arrêt *y* se met en contact avec celui du ressort V, dont la vis V' (fig. 3) repousse la branche horizontale X, laquelle alors fait partir le levier à ressort X' qui déplace le guide U' de la courroie motrice, laquelle peut ainsi passer de la poulie fixe P sur la poulie folle P'.

La boîte à navette G^3, placée du côté du débrayage, est munie comme d'ordinaire d'un ressort postérieur *y'*, qui agit sur un levier *z* fixé à l'extrémité de ce même arbre *x*, de façon à ce que cet arbre, par l'intermédiaire du levier *x'* et de l'arrêt *y*, puisse arrêter le métier, comme précédemment, quand la navette n'entre pas dans cette boîte.

A l'arbre horizontal T, disposé au-dessus de la boîte de gauche, est fixé à charnière une pièce qui se trouve placée en face de l'épée et en ligne droite avec le rot R^2, de manière à permettre à la boîte de tourner, dans le cas où la navette se serait arrêtée.

Tissage a plusieurs couleurs. — La fig. 11 représente, en détail, une modification apportée au métier, par l'adjonction d'un mécanisme agissant sur la boîte aux navettes pour produire un tissu quadrillé, rayé, ou autres dessins pouvant être obtenus au moyen d'une succession régulière ou alternative de différentes couleurs.

Dans cette modification le levier coudé O, actionné par la manivelle O', montée sur l'arbre à cammes a', est percé à son extrémité supérieure d'une rainure destinée à recevoir le tourillon de la roue à rochet a^2. Sur ce même tourillon est monté un disque b^2, dont la périphérie est entaillée ; on détermine le nombre de ses entailles suivant la longueur de fil de trame de même couleur que doit avoir l'étoffe sans interruption, car chaque entaille a pour but, comme nous allons l'expliquer, de régler les mouvements de la boîte et par suite de faire changer chaque fois la navette. A cet effet, le bras q', fixé par la vis r à la tête du levier Q, est munie d'un cliquet q^2 assez large pour s'appuyer à la fois sur le disque à entailles b^2, et sur l'extrémité arrondie, présentant un cran, du levier O.

A la poitrinière e' est fixé le cliquet à ressort c^2 engagé dans les dents de la roue à rochet a^2, munie aussi d'un contre-cliquet f^2 monté sur un bras forgé avec le dit levier O.

A chaque révolution de l'arbre à cammes a', la manivelle O' fait osciller le levier O d'une assez grande amplitude pour que le rochet c^2, fixé à la poitrinière, fasse tourner la roue a^2 d'une dent. Celle-ci entraîne dans ce mouvement le disque entaillé b^2, parce qu'il y a réunion intime entre ces deux pièces au moyen d'une plaque de caoutchouc et d'une vis avec écrou de serrage.

Tant que le cliquet q^2 glisse sur la périphérie du disque b^2, le tissage s'effectue avec le fil d'une même couleur que débite la navette en fonctionnement, mais, aussitôt que ce cliquet tombe dans une des entailles du disque, il se produit un changement de navette donnant un fil d'une autre couleur. Ainsi le cliquet q^2, en s'engageant dans une des entailles du disque, descend en même temps dans l'entaille correspondante pratiquée dans la tête du levier O. Alors celui-ci, dans le mouvement qui lui est communiqué, entraîne le levier Q et, le poussant vers la poitrinière e', l'oblige à tourner, et avec lui son axe Q', lequel à son tour actionne le levier R (fig. 2), et ce dernier, comme nous l'avons expliqué plus haut, soulève la tringle verticale s, et cette dernière la plaque J au moyen de laquelle la boîte tourne de façon à présenter une nouvelle navette.

Le tissage continue ainsi avec ce second fil jusqu'à ce qu'une autre entaille du disque b^2 se présente et qu'un nouveau changement ait lieu.

A la place de ce disque entaillé les auteurs proposent d'employer une courroie sans fin, qui ferait tourner la boîte. Cette courroie serait composée d'une série de plaques métalliques reliées entre elles par articulation ; elle passerait sur un petit cylindre porté par la tête du levier O, et serait entraînée comme le disque par la roue à rochet a^2. Dans les plaques articulées de cette courroie seraient pratiqués des trous à des distances calculées pour correspondre avec les changements de fil à effectuer dans le tissu. Le cliquet, en tombant à l'instant voulu dans l'un de ces trous, arrêterait le mouvement de la courroie, et, pendant ce temps, le changement de navette s'effectuerait.

MACHINES OUTILS

MACHINE A TAILLER LES ROUES D'ENGRENAGE

DROITES ET CONIQUES

Construite par M. WHITWORTH, ingénieur-mécanicien à Manchester.

(PLANCHE 32.)

Dans les tomes II et III de ce Recueil, nous avons donné les descriptions et les dessins très-détaillés dé deux belles et grandes machines à tailler les différentes espèces de roues d'engrenage soit à denture de bois, soit à denture de métal, entièrement étudiées et construites par MM. Cartier et Armengaud. Bien que la construction de ces machines remonte à près de trente années, on peut encore trouver, en les examinant avec quelque attention, des combinaisons mécaniques très-intéressantes, que peut-être on est arrivé à simplifier, mais que l'on n'a pu surpasser quant à la précision du travail qu'elles permettent d'effectuer.

Plus près de nous, à l'Exposition universelle de 1855, à Paris, figuraient trois machines à tailler les engrenages. L'une, véritable outil de précision, était de M. Deshays; elle pouvait diviser et tailler les roues droites et coniques à dentures ordinaires ou héliçoïdales. Nous en avons donné le dessin et la description dans le vol. XII du *Génie industriel.*

La seconde, d'un plus grand modèle, pouvant tailler des roues jusqu'à 2 mètres de diamètre, avait été envoyée par M. J. Buckton de Leeds. Dans cette machine, comme dans la précédente, la roue se plaçait horizontalement; le chariot qui portait la fraise pouvait s'incliner; les divisions s'obtenaient, non au moyen d'une plate-forme divisée comme dans la machine de M. Deshays, mais par des engrenages de rechange.

Enfin, la troisième, d'une disposition presque entièrement nouvelle à cette époque, avait été envoyée par l'habile constructeur anglais, M. Whitworth, de Manchester, dont nous avons déjà publié un grand nombre d'outils.

Contrairement à ce qui avait été adopté le plus habituellement dans les machines alors en usage, la roue à tailler était placée verticalement. Le bâti, dans la nouvelle plate-forme de M. Whitworth, n'était autre qu'un banc en fonte analogue à celui d'un tour ordinaire ; à l'une des extrémités de ce banc était placé le chariot porte-outil, tandis qu'un second chariot, pouvant glisser sur toute sa longueur, portait l'arbre horizontal, destiné à recevoir la roue à tailler. La division s'effectuait au moyen d'une série d'engrenages, taillés avec le plus grand soin, qui permettaient d'obtenir un nombre considérable de divisions.

L'Exposition universelle de 1862, à Londres, n'a rien montré de réellement nouveau quant aux machines dont il s'agit, c'est le type de Whitworth dont nous venons de parler que nous avons reconnu et qui paraît être le plus généralement adopté.

Un beau modèle, sur lequel on peut tailler des roues de 3 mètres de diamètre, figurait à cette Exposition, et les dessins relevés pour le *Portefeuille du Conservatoire des arts et métiers* vont nous permettre d'en donner les détails de construction.

En publiant les machines à tailler les engrenages rappelés plus haut, nous avions fait ressortir l'avantage qu'il y avait d'employer des burins au lieu de fraises, parce que, à cette époque, cet outil, qui demande beaucoup de soin dans sa confection, revenait à un prix très-élevé ; mais cet inconvénient a disparu aujourd'hui, grâce à l'emploi de petites machines très-simples, peu volumineuses, dites à *tailler les molettes.*

Le prix de revient des fraises taillées à l'aide de ces machines ne dépasse pas sensiblement celui des burins qui seraient nécessaires pour effectuer le même travail. Aussi maintenant, surtout en Angleterre, il n'est pas rare de voir les roues qui n'atteignent pas de grandes dimensions avoir des dents taillées entièrement dans la masse, comme nous l'avions fait dès 1839, avec M. Cartier, mais alors en employant des burins; ce qui, tout en donnant un résultat plus parfait, évite les frais de modèle assez considérables dans le cas où on n'a pas besoin de plusieurs roues du même modèle.

Deux de ces machines à tailler les molettes ont été envoyées à la dernière Exposition de Londres, l'une par M. Whitworth, l'autre par MM. Fairbairn et Cie, de Leeds. Cette dernière a été achetée par M. A. Morin pour le Conservatoire des arts et métiers.

Voici la description que M. Tresca en donne dans les *Annales :*

« Le bâti de cette machine est une sorte de boîte en fonte de $0^m,12$ de hauteur, et dont les dimensions horizontales sont de $0^m,70$ sur $0^m,60$. Vers l'un des bords de cette boîte se trouve une poupée de tour pouvant glisser, dans deux sens rectangulaires, par l'action de vis fonctionnant au moyen de petits volants ; cette poupée sert de support à un arbre horizontal, court et robuste, sur lequel se trouve calée une poulie dont la jante est percée de trous, suivant cinq divisions différentes ; un poin-

teau, maintenu par un ressort, sert à assurer la position de cette poulie pendant la rotation. C'est aussi sur le même arbre, mais à son extrémité, que la molette à tailler est solidement fixée au moyen d'un écrou; elle reste absolument immobile pendant le travail, et ne se déplace autour de son axe que lorsqu'on veut passer d'une dent à l'autre.

« La fraise qui doit tailler la molette est montée sur un arbre vertical, auquel un mouvement rapide de rotation est donné au moyen d'une corde sans fin, passant sur une poulie horizontale, et d'une transmission supplémentaire par engrenage.

« On voit, par cette description, que, si l'on pouvait, pendant qu'il effectue son mouvement de rotation, déplacer l'arbre de la fraise suivant un profil déterminé, celle-ci taillerait dans la molette un biseau ayant sur toutes ses faces l'inclinaison des génératrices du cône, et les choses sont ainsi préparées que la saillie est d'environ 1 millimètre pour une hauteur de 10 millimètres.

« L'arbre vertical est maintenu dans une poupée verticale, mobile autour d'un axe distant de cet arbre de 10 centimètres environ, et il se prolonge par un appendice horizontal, à l'extrémité duquel il suffit d'imprimer, dans tous les sens, le déplacement correspondant à celui du profil à exécuter.

« A cet effet, un levier transversal est articulé à cette extrémité, et ce levier peut être manœuvré à la main par l'intermédiaire d'une vis horizontale, pouvant prendre diverses inclinaisons par rapport au levier lui-même. Ce levier porte, en outre, un petit buttoir destiné à glisser exactement sur le contour d'un patron ou *gabarit* saillant, reproduisant à une échelle plus grande la forme du profil.

« A l'aide d'une manette qu'il déplace de la main droite, l'ouvrier arrive bien vite à maintenir le buttoir au contact du patron, et à lui faire parcourir toutes les parties de son contour. Il est assuré dès lors que la fraise s'est déplacée de manière à tailler une dent, et il lui suffit d'opérer, de la même façon, pour la suivante, ce qui se fait avec une très-grande rapidité. »

La machine à tailler les molettes de M. Whitworth, destinée au même usage que celle de MM. Fairbairn et Cie, n'est pas plus volumineuse, et le mécanisme en est même un peu plus simple; elle est, du reste, construite sur le même principe que la machine à tailler les dents des roues d'engrenage que nous allons décrire, avec cette différence que les dimensions en sont proportionnellement moindres.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A TAILLER LES ROUES D'ENGRENAGE

REPRÉSENTÉE PL. 32.

La fig. 1 est une vue de face extérieure en élévation de la machine toute montée ;

La fig. 2 en est un plan général vu en dessus ;

La fig. 3, une vue par bout du côté des engrenages de rechange ;

La fig. 4, une section transversale faite par le milieu, suivant l'axe du mandrin destiné à recevoir la roue à tailler.

Ces quatre figures sont dessinées à l'échelle de 1/16e de l'exécution.

Les fig. 5 et 6 représentent, à une échelle double des précédentes, le porte-outil vu de face et en section verticale ;

Enfin, la fig. 7 est un détail en coupe du cadran-diviseur, et la fig. 8 celui de la fraise ou molette qui effectue le travail.

Dans cette machine, le mécanisme le plus important est celui du *porte-outil;* mais avant d'en décrire les combinaisons, qui sont aussi simples qu'ingénieuses, nous devons commencer par faire connaître les dispositions du banc, de la poupée qui porte le mandrin, et celle de la transmission de mouvement adoptée pour opérer la division des dents de la roue soumise à l'action de l'outil.

Ensemble de la machine. — Comme on le voit à l'inspection des fig. 1 à 4, le banc en fonte A, semblable à celui des tours ordinaires, est, comme ceux-ci, supporté à ses deux extrémités par des pieds de même métal A', qui reposent sur le sol, en présentant, pour plus de stabilité, une large semelle.

Le dessus de ce banc est dressé pour recevoir la poupée B et lui permettre de s'y déplacer dans le sens longitudinal, afin de l'éloigner ou de la rapprocher du porte-outil, suivant que le rayon de la roue à tailler est plus ou moins grand. A cet effet, une tige filetée B' règne dans toute la longueur du banc, et traverse un écrou en bronze *a* (fig. 4) fixé à la poupée. C'est en faisant tourner cette tige au moyen d'une manivelle qu'il engage sur le carré *b*, qui la termine en dehors du bâti, que l'ouvrier produit, à sa volonté, le déplacement de la poupée ; puis il l'arrête solidement à la place déterminée qu'elle doit occuper, au moyen des deux écrous *b'*, qui serrent deux étriers en fer *a'* contre les bords intérieurs du banc.

La poupée reçoit l'arbre creux en fonte C, alésé intérieurement pour le passage du mandrin C', à l'extrémité duquel se monte la roue à tailler (indiquée en traits ponctués, fig. 1 et 2), laquelle y est bien centrée et arrêtée solidement au moyen de bagues serrées par le fort écrou *c*, en même temps que des boulons d'attache la relient au plateau D fixé au bout de l'arbre creux C, lequel est venu de fonte à cet effet avec une col-

lerette qui lui sert aussi d'embase de ce côté en s'appuyant contre la poupée, ainsi qu'on le voit sur la section fig. 4.

L'autre extrémité de l'arbre creux est munie de la grande roue D', dont le moyeu, serré à l'aide de l'écrou c', se vissant sur le bout du mandrin, sert de seconde embase du côté opposé à la première; l'arbre se trouve ainsi maintenu parfaitement entre les deux bras de la poupée; on est assuré de la sorte qu'il ne peut se déplacer dans le sens de son axe.

Chaque fois qu'une dent est taillée, il faut naturellement, pour passer à la dent suivante, faire tourner la roue, et, par suite, l'arbre du mandrin d'une quantité correspondante à une division. Ce mouvement est communiqué à la main par la manivelle E, fixée à l'un des bouts de l'arbre horizontal F, qui règne sur toute la longueur du banc pour recevoir à son autre extrémité la roue F', laquelle, au moyen du pignon *f*, commande la roue G' fixée à l'arbre G. Celui-ci est rainé sur toute sa longueur, afin de permettre à la double vis *g*, qui porte la clavette destinée à la rendre solidaire de cet arbre, de toujours rester engrenée dans les dents de la grande roue D' fixée sur l'arbre du mandrin, quelle que soit d'ailleurs la place que cette dernière occupe sur le banc.

Pour que le déplacement de la double vis *g* sur son arbre se produise sans difficulté avec la roue, elle est rendue solidaire avec elle au moyen du support-guide *g'*, boulonné sur un appendice B^2 venu de fonte à cet effet avec la poupée.

C'est pour corriger le jeu quand l'usure se produit dans la denture, que le constructeur a disposé la vis sans fin *g* en deux pièces, lesquelles peuvent se rapprocher l'une de l'autre en faisant tourner la partie filetée qui sert à leur ajustement dans les têtes de la petite poupée *g'*.

C'est en changeant, comme on sait, les roues F' et G', de façon à modifier les rapports qui existent entre elles, que l'on obtient les divisions multiples nécessaires aux dentures les plus diverses que l'on doit pouvoir tailler sur la machine.

Pour rendre ce changement des engrenages aussi facile que possible, le support H de la roue G' et de son pignon *f* est muni de coulisses circulaires (fig. 3) qui permettent de lui faire prendre des inclinaisons diverses, et,en même temps, une coulisse droite donne la faculté de placer le pignon intermédiaire bien exactement, pour que ses dents engrènent avec les deux roues de transmission.

Afin d'avoir moins à multiplier les engrenages de rechange, la manivelle E est montée à charnière sur l'arbre F (voyez le détail fig. 7), de façon à pouvoir s'enclencher dans l'une ou l'autre des quatre dents d'arrêt ménagées sur le bord du cadran E' fixé contre le banc, ce qui a pour effet d'indiquer avec exactitude les quarts de tour faits par la manivelle, et, par suite, dispense d'engrenages spéciaux pour les nombres de dents multiples de deux ou de quatre.

C'est en appuyant sur la poignée de la manivelle que l'on soulève son extrémité ou doigt qui pénètre dans l'échancrure du cadran ; puis, la faisant tourner, c'est lorsque ce doigt se trouve en face d'un autre cran que l'on cesse la pression, afin que le petit ressort à boudin logé dans la pièce articulée *e* (fig. 7) puisse, en soulevant la manivelle, maintenir l'arrêt dans le cran du cadran.

DISPOSITION DU PORTE-OUTIL.

La pièce principale de cette machine est, comme nous l'avons dit, le porte-outil, qui doit être animé de divers mouvements afin de satisfaire aux conditions multiples nécessaires pour tailler les roues à dents droites, coniques ou inclinées. Ces mouvements sont au nombre de cinq, savoir :

1° Le mouvement de rotation pour que l'outil, qui n'est autre que la fraise ou molette M (fig. 5, 6 et 8) ayant pour section la forme à donner à la dent, puisse couper facilement;

2° Le mouvement de translation de cette molette dans le sens horizontal, parallèlement à l'axe du mandrin qui porte la roue à tailler lorsque celle-ci est une roue droite;

3° Le mouvement de translation dans le sens de l'inclinaison à donner aux dents des roues d'angle;

4° Le mouvement oblique de la molette pour tailler des roues à dents inclinées quelconques;

5° Enfin, le mouvement vertical de cet outil pour bien régler sa position avant de commencer.

Les quatre premiers mouvements sont automatiques, en ce sens qu'il suffit de mettre l'arbre de la fraise en marche une fois la position des pièces réglée pour le travail à produire, et l'ouvrier n'a plus d'autre soin à apporter que de tourner la manivelle E d'une division chaque fois qu'une dent est taillée, puis de ramener le chariot de la fraise pour que celle-ci puisse s'engager dans la partie pleine présentée de nouveau à son action.

Ce porte-outil se compose, d'abord, d'un premier support H, fondu avec un large patin qui se fixe sur la tablette A^2, venue de fonte comme appendice avec le banc A de la machine. Des coulisses droites sont pratiquées dans cette tablette pour recevoir les boulons d'attache dont les têtes, taillées à queue d'hironde, s'engagent dans une rainure de forme correspondante *h* (fig. 2 et 6) ménagée sous le patin du support.

La forme circulaire de cette rainure permet, quand les boulons sont desserrés, de tourner ce support et de le placer suivant l'angle déterminé par celui des dents à tailler, quand ce sont celles, par exemple, d'une roue conique. Une fois la position du support bien arrêtée, on resserre les

boulons de la couronne, ainsi que celui du centre *h'*, plus fort que les premiers.

Sur la face verticale bien dressée de ce support est ajustée la plaque à coulisse I, taillée à queue d'hironde pour recevoir le chariot J, qui est le porte-outil proprement dit. Celui-ci est fondu, à cet effet, avec deux bras entre lesquels tourne l'arbre K, garni de la fraise M.

Cet arbre, maintenu entre deux collets par le coussinet en bronze *j* du bras supérieur, est terminé par un pivot qui tourne sur la tête de la vis en acier *j'*, dont on peut régler bien exactement la hauteur au moyen des deux écrous montés sur le bras inférieur du chariot.

Comme il faut que la position de la fraise, par rapport à la roue à tailler, soit bien déterminée avant de commencer le travail, la hauteur de la plaque à coulisse I du chariot J peut être réglée d'une façon très-exacte sur son support, à l'aide de la vis *i* (fig. 6), qui traverse la pièce en fonte I', ajustée dans une ouverture rectangulaire ménagée dans l'épaisseur dudit support, et à laquelle la plaque à coulisse est reliée au moyen des deux vis *i'*.

Pour tailler les roues à dents inclinées, celles qui sont commandées par des vis sans fin par exemple, il est nécessaire de placer et de faire travailler la molette dans une position oblique. Ce résultat est obtenu en inclinant la plaque à coulisse I sur son support qui, à cet effet, en outre des deux vis *i'* qui peuvent glisser dans des coulisses circulaires pratiquées dans la pièce I', possède deux boulons d'attache *k*, engagés également dans des coulisses; les unes, verticales, sont pratiquées dans le support pour permettre le déplacement dans ce sens; les autres, circulaires, dans la plaque même, donnant à celle-ci la faculté de s'incliner suivant tel angle que l'on juge nécessaire.

On voit donc que, par la disposition de ce porte-outil, on peut à volonté, comme nous l'avons dit, placer la fraise dans des directions différentes :

Soit pour couper dans un plan parallèle à l'axe de la roue à tailler, c'est le cas des roues droites;

Soit en faisant tourner le support H sur la tablette A^2 du banc, et le diriger suivant un angle quelconque par rapport à l'axe, ce qui permet de faire les roues d'angle;

Soit, enfin, en inclinant le chariot sur l'horizon au moyen de ses coulisses circulaires, pour rendre oblique le travail de la molette, c'est le cas des roues à dents inclinées.

Le porte-outil étant réglé pour l'une ou l'autre de ces trois positions, la molette reçoit, en outre de son mouvement circulaire continu, un déplacement latéral qui lui fait parcourir toute la largeur de la jante de la roue.

Le mouvement circulaire est transmis du moteur par une corde qui, au moyen des deux poulies-guides obliques L, le communique à la

poulie à gorge L′, fixée au sommet d'un axe vertical intermédiaire supporté par le renflement J′ venu de fonte avec le chariot J. Le moyeu de la poulie L′ est fondu avec le pignon *l*, qui commande la roue *m* fixée au sommet de l'arbre porte-fraise.

Quant au mouvement de déplacement latéral, qui se produit lentement à mesure que la fraise mord le métal, il est transmis par la vis sans fin *n*, qui, fixée sur l'arbre de la poulie motrice, engrène avec un pignon *n′*, prisonnier entre les branches de sa douille et claveté sur l'arbre horizontal N. Celui-ci, muni d'une rainure dans toute sa longueur pour tenir la clavette du pignon engagée quel que soit l'éloignement du chariot, est muni à son extrémité arrière d'un pignon droit *o*, qui engrène avec la roue O, dont le moyeu est claveté sur le bout de la vis P, laquelle, en tournant, fait mouvoir le chariot porte-outil le long de la plaque à coulisse I. A cet effet, un écrou *p* (fig. 6), traversé par la vis, est fixé au chariot.

Après qu'une dent a été taillée sur toute la largeur de la jante de la roue, comme nous venons de l'expliquer par le déplacement lent et continu de la fraise, il faut faire revenir celle-ci à son point de départ, afin qu'elle puisse recommencer le même travail pour une dent suivante. L'ouvrier, après avoir fait tourner, à l'aide de la manivelle E du cadran diviseur E′, la roue d'une division, commence par faire glisser sur son axe, vers la gauche (fig. 5), la roue O au moyen de la manette R (fig. 2 et 6), terminée par une fourche dont les deux goujons *r* pénètrent dans la gorge du moyeu de ladite roue; il la dégage ainsi des dents de son pignon *o*, ce qui lui permet de faire tourner rapidement la vis P en sens inverse; il fait usage pour cela de la manivelle R′ (fig. 2 et 3) qui se monte sur le carré *p′* (fig. 5), ménagé à l'extrémité de cette vis, du côté opposé à celui qui reçoit la roue.

Enfin, quand la fraise se trouve ramenée à son point de départ, il remet les choses dans leur état primitif, en embrayant par le même moyen la roue avec son pignon.

Telles sont les dispositions spéciales de cette machine, qui, comme on a pu s'en rendre compte, est relativement très-simple pour le travail de précision assez complexe qu'elle exécute, puisqu'elle peut tailler des roues droites, coniques ou à denture oblique, depuis 3 mètres jusqu'au diamètre le plus réduit des pignons.

Dans ce cas, on peut obtenir une assez grande économie de temps, en en plaçant plusieurs les uns à la suite des autres sur l'arbre horizontal, l'amplitude du mouvement du chariot porte-fraise étant assez grande pour les tailler tous à la fois, comme s'ils ne formaient qu'un seul manchon à denter.

APPAREILS DE LEVAGE A CHAINE GALLE

GRANDE GRUE DE FONDERIE

DE VINGT-DEUX TONNES

ÉTABLIE A L'ARSENAL MARITIME DE BREST

Par M. C. NEUSTADT, ingénieur à Paris.

(PLANCHE 33.)

Après avoir publié dans ce volume, pl. 2 et 15, divers appareils de levage construits par M. Neustadt et basés sur son système à chaîne Galle, il nous reste à faire connaître sa belle et grande grue de fonderie, d'une puissance de 22 tonnes, dont cet habile ingénieur a fait établir quatre spécimens aux ateliers de l'arsenal maritime de Brest.

C'est pour la première fois, dans le cours de ce Recueil, que nous trouvons l'occasion d'entretenir nos lecteurs de cet appareil que l'on désigne, parmi les nombreux engins d'atelier, par *grue de fonderie;* il est vrai qu'en principe une grue de fonderie ne diffère pas notablement des instruments de levage du même genre que nous avons déjà publiés; nous n'y reconnaissions jusqu'alors, en effet, aucune particularité ou nouveauté qui méritât une mention spéciale.

Mais par l'heureuse application faite par M. Neustadt, de la chaîne Galle aux appareils de levage en général et par conséquent aux grues de fonderie en particulier, et aussi par des dispositions nouvelles au double point de vue de la manœuvre et de la construction, ces dernières acquièrent pour nous l'importance des outils les plus perfectionnés, dignes de l'attention des personnes attachées à l'étude de la mécanique pratique.

Nous saisissons donc cette occasion pour combler ce qui était, après tout, une lacune dans notre grande collection ; et nous rappellerons, en peu de mots à ce sujet, les points caractéristiques par lesquels une grue spécialement appliquée à une fonderie, et surtout à une *moulerie,* se distingue de celles employées à d'autres usages.

Une fonderie peut effectivement posséder une grue ordinaire, établie dans la cour de l'usine pour la sortie ou l'entrée des pièces et leur chargement ou déchargement ; une telle grue ne diffère pas des systèmes généraux, soit à pivot dans le sol, soit en portique, comme celle représentée planche 15, etc. Mais il n'en est pas de même de celles qui sont affectées au service des ateliers et qui doivent remplir certaines conditions spéciales que nous allons rappeler.

Les grues de moulerie sont employées à la manœuvre des châssis ou parties de moules en sable, au transport des poches des fourneaux aux moules pour la coulée, et, enfin, à la sortie du sable des pièces coulées.

Pour ces diverses opérations il est nécessaire d'abord que l'ensemble des grues de la même halle correspondent entre elles, afin qu'il existe une communication, sans lacune, entre tous les points de l'atelier et les fourneaux, permettant le transport des poches en tel point que se trouve placé le moule ; elles doivent donc pouvoir pivoter sur elles-mêmes avec facilité. De plus, par l'obligation d'atteindre en divers points qui n'ont aucun rapport fixe avec la portée, c'est-à-dire avec la distance du pivot à l'extrémité de la flèche, et, d'ailleurs, pour opérer la levée ou la descente des charges au-dessus d'un point déterminé, lorsqu'on ajuste les châssis les uns sur les autres ou lorsqu'on amène les poches à l'orifice réservé pour la coulée, pour ces manœuvres précises enfin, une telle grue doit être pourvue d'une *direction*, c'est-à-dire d'un moyen de rendre la portée *variable*, en modifiant à volonté la distance du pivot au crochet d'enlevage.

Ce mécanisme de direction, qui consiste en un chariot mobile sur la flèche, conduit naturellement à rendre cette flèche horizontale, et pour réunir cette condition au pivotage de la grue sur elle-même, il y a intérêt à munir la grue de deux pivots, l'un à la partie inférieure, s'appuyant sur le sol, et l'autre à la partie supérieure, ayant pour point d'appui une charpente spéciale ou celle même du bâtiment de l'atelier.

Les grues de moulerie se distinguent donc par leur mouvement de direction, par leurs deux pivots et par une grande portée. Elles sont ordinairement construites en bois et pourvues de cordes en chanvre ; mais le métal serait préférable pour des ateliers où les causes d'incendie sont fréquentes, de plus le bois se dessèche et les assemblages se détériorent rapidement ; quant aux cordes, elles devraient être absolument exclues pour les grues employées au transport des poches remplies de fonte en fusion dont l'énergique action rayonnante est suffisante pour les détériorer, en amener inopinément la rupture et donner lieu aux plus graves accidents. La chaîne ordinaire à maillons soudés offre encore moins de sécurité, elle casse *sans prévenir*, c'est-à-dire qu'on ne peut s'apercevoir, comme avec la corde, qu'elle est arrivée au moment où elle ne peut plus résister à la charge ; aussi, peu d'usines ont osé l'employer.

La grue que nous allons décrire est à l'abri de semblables reproches, puisqu'elle est entièrement en tôle, fer forgé et fonte, et à chaîne de Galle. Elle est de plus d'une construction très-soignée, et elle comporte des dispositions nouvelles, très-importantes au point de vue du fonctionnement, dispositions pour lesquelles M. Neustadt est breveté et que nous allons faire connaître.

ENSEMBLE DE LA CONSTRUCTION DE LA GRUE

REPRÉSENTÉE PLANCHE 33.

La figure 1re en est une élévation de face, en coupe longitudinale;

La figure 2 en est une vue extérieure de côté, regardée du côté du mécanisme de commande;

Les figures suivantes, sont des détails, à une plus grande échelle, de toutes les parties principales du mécanisme.

Faisons remarquer tout d'abord que cette grue est *complètement en tôle* et que, pour les fonderies, elle est peut-être la première exécutée en France. On a fait des grues en fonte mais ce métal résiste mal à la flexion et son poids, à résistance égale, est considérable; aussi l'emploi de la tôle dans ce cas a pour résultat immédiat de donner une grande légèreté dans le poids de l'appareil lui-même, ce qui est très-important au point de vue de sa manœuvre, surtout lorsqu'il s'agit d'une grue aussi puissante que celle de Brest. Le poids d'un appareil semblable en fonte avec tambour, engrenage, etc., pour chaîne ordinaire eût été énorme, tandis que construit en tôle avec la noix de la chaîne Galle, ce type de grue ne pèse que 22,000 kilog., et cependant le crochet peut, au besoin, descendre à 4 mètres en contre-bas du sol.

Comme la plupart des engins appliqués au même service, cette grue se compose d'un bâti monté sur pivots et qui reçoit le mécanisme de trois mouvements ou fonctions distinctes, savoir :

1° Le mécanisme du treuil ou de la *levée* de la charge;

2° Le mécanisme d'*orientation*, c'est-à-dire celui à l'aide duquel on fait tourner la grue sur son pivot, soit pour amener le crochet d'enlevage au-dessus de la charge à soulever, soit pour amener cette charge, suspendue à la grue, au-dessus du point où elle doit être déposée;

3° Enfin le mécanisme de *direction* qui sert à déplacer le crochet d'enlevage, à vide ou sous charge, dans le sens même de la flèche de la grue, c'est-à-dire en l'éloignant ou en l'approchant du pivot.

Le bâti de cette grue est formé de deux flasques A, en tôle, qui sont composées chacune d'un panneau bordé sur les rives d'une plate-bande qui s'y trouve fixée, de chaque côté, au moyen d'une cornière d'angle rivée; à l'intersection de la flèche et de l'écharpe cette plate-bande est triplée dans les arrondis, et le panneau est lui même renforcé de deux plaques rivées, ainsi qu'aux autres points d'intersection. Indépendamment des entretoises *a*, ces deux flasques sont reliées par trois pièces

de fonte, les sabots B et C, où sont placés les pivots, et le bec D (fig. 1, 11 et 12) monté à l'extrémité des longrines qui forment la flèche.

L'ensemble de la grue est maintenu exclusivement par deux pivots *b* et *c*, l'un s'appuyant sur une crapaudine E, incrustée dans le massif en maçonnerie établi dans le sol de l'usine, et l'autre guidé par un boîtard réservé au centre d'une forte couronne en fonte F, qui constitue le centre d'un puissant croisillon en tôle G relié aux murs de l'atelier.

Ainsi que dans les autres appareils de M. Neustadt, le mécanisme de levée a pour organe principal une chaîne Galle H, passant sur un certain nombre de poulies, puis sur un pignon I, qui occupe la place du tambour des appareils à chaînes ordinaires; de ce pignon la chaîne s'élève verticalement pour devenir horizontale en passant sur la poulie de renvoi *d*; elle engrène de même avec les poulies *e* du chariot, en se mouflant sur la poulie *f*, du crochet d'enlevage J, et se rattache enfin à l'avant-bec D de la flèche. D'autre part, on remarque que, conformément au système, la chaîne, ne s'enroulant point sur un treuil, vient s'emmagasiner dans une caisse en tôle K réservée entre les flasques.

Résumant en quelques mots ce qui constitue le mécanisme de levée, nous rappelons que le mouvement de la chaîne H résulte de son engrènement avec le pignon I, dont l'axe *g* est armé des deux roues droites L, recevant leur commande de l'arbre à manivelle M par l'intermédiaire d'un axe *h*, à vitesse variable, et qui porte aussi la poulie du frein. Dans le mouvement de levée, la chaîne est appelée de haut en bas par le pignon moteur I, et, passant sur la poulie de renvoi *i*, se dépose dans la caisse K dont elle s'écoule, au contraire, dans l'opération inverse.

Le mécanisme de levée a nécessairement une relation immédiate avec la *direction* dont nous allons maintenant nous occuper. On sait, d'ailleurs, que cette fonction est obtenue en rendant la suspension du crochet d'enlevage, dépendante d'un chariot qui est disposé pour se déplacer à volonté sur la flèche de la grue.

Ce chariot N, dont nous examinons plus loin la construction en détail, repose, par quatre galets *j* (fig. 1 et 10), sur des rails en fer *r* montés sur la volée; il est inséré dans l'un des brins d'une chaîne sans fin O engrenant avec deux pignons fixes *k* et *k'* dont l'un porte, par son axe, une roue à vis sans fin *l* (fig. 1, 15 et 16) commandée par une vis *l'* appartenant à un arbre vertical l^2, que l'on peut mettre en mouvement, du bas, à l'aide d'une roue à poignée l^3 et d'un retour d'angle.

On comprend facilement que lorsqu'on met la chaîne du chariot en mouvement, ce chariot se déplace en entraînant les deux poulies *e*, qui sont en prise avec la chaîne principale H, et sont nécessairement forcées de tourner sur eux-mêmes dans leur mouvement de translation; mais cette chaîne étant absolument fixe, puisque son extrémité est invariablement rattachée à l'avant-bec D, la boucle se déplace comme le chariot, *sans changer de longueur*, c'est-à-dire sans que le crochet ne s'élève ni

ne s'abaisse, tant que l'on ne fait pas agir le treuil; ceci constitue le mérite de cette disposition, car dans certaines grues dont la corde ou la chaîne va directement et obliquement du chariot au treuil élévatoire, la charge monte ou descend dans le mouvement de direction, à moins qu'on ne rectifie l'élévation en agissant en même temps sur ce treuil.

Il nous reste à décrire, comme ensemble, le mécanisme d'*orientation*, qui permet de faire tourner la grue sur elle-même. Cette fonction ne s'effectue ordinairement que par une traction à bras. Quant aux quelques appareils qui s'orientent mécaniquement, leur crémaillère est placée au pied de la grue, sur le sol, où elle est bientôt recouverte de poussière et où elle gêne complétement les ouvriers.

Dans l'appareil actuel, l'orientation est fixée à la charpente de contreventement, c'est-à-dire à la partie supérieure et par conséquent à l'abri de la poussière; ne pouvant ainsi gêner en aucune manière les hommes qui manœuvrent la grue. Le mécanisme d'engrenages disposé à cet effet a pour point fixe une couronne à denture intérieure F′ exactement concentrique au pivot *c*, et réunie avec la rosace centrale F du croisillon G; avec cette couronne engrène un pignon *m* dont l'axe porte une roue m' en prise avec un pignon m^2 qui appartient, ainsi que la roue m^3, à un petit axe intermédiaire; cette roue m^3 est en rapport avec un dernier pignon m^4, lequel, enfin, est monté sur un arbre de transmission P qui règne dans toute la hauteur de la grue.

Si l'on note que tout ce mécanisme est entièrement solidaire de la grue, tandis que la couronne F′ en est au contraire indépendante et complétement fixe comme le croisillon sur lequel elle est assujettie, on comprendra qu'en faisant tourner l'arbre P on transmet au pignon *m*, par l'intermédiaire des autres roues et pignons m^3, m^2 et m', un mouvement de rotation sur lui-même qu'il ne peut effectuer qu'en se déplaçant sur la circonférence de la couronne fixe F′; par conséquent, la grue suit le pignon *m* dans son déplacement en tournant d'après le centre d'un cercle dont ce pignon décrit la circonférence.

Il suffit donc, pour faire tourner la grue, de mettre en mouvement l'arbre de transmission P, ce qui se fait aisément en agissant à la main sur un axe monté à la partie inférieure du bâti, qui porte les volants P′ et communique avec l'arbre P à l'aide d'une paire de roues d'angle.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION.

La poussière permanente qui règne dans les fonderies s'introduit dans les crapaudines des pivots et ceux-ci ne tardent pas à gripper sur leur grain d'acier, aussi il est rare que les grues s'orientent bien. Or, on n'a pas de moyen de démonter facilement ces pivots et grains pour les nettoyer, les graisser, les réparer au besoin, ce qui oblige de mettre par terre toute la grue.

N. Neustadt a prévu et paré cet inconvénient dans les grues de Brest; les pivots et les grains peuvent être retirés à volonté, et cela sans démontage de l'appareil ni sans le secours d'aucun échafaudage ni engin pour étayer la grue ou sa charpente de contreventement. Les dispositions adoptées pour atteindre cet important résultat sont les suivantes :

Boitard du pivot supérieur. — Fig. 3 à 7. — La rosace en fonte F, dans laquelle est ajusté le boîtard du pivot *c*, est une couronne à jour, fortement nervée et fondue avec quatre amorces rectangulaires pour s'assembler avec les poutres en tôle G, qui forment croisillon et vont se relier avec les murailles de l'atelier. De plus, cette rosace est rattachée avec le bâtiment par quatre tirants en fer rond *n*, qui sont assemblés avec des boulons à chapes *n'*, traversant la rosace et le corps du boîtard.

Ce boîtard F^2 est en effet ajusté cylindriquement avec la rosace à laquelle il est réuni d'abord par ces quatre boulons *n'*, et ensuite par deux brides circulaires n^2, en fonte, qui rassemblent à la fois, au moyen de nombreux boulons, la rosace F, le boîtard F^2 et les quatre poutres métalliques G. La partie centrale, formant le boîtard proprement dit, est son véritable moyeu relié à la couronne par un croisillon et huit nervures; l'ouverture centrale qui est carrée, est occupée par la crapaudine en fer *p*, dont le centrage peut être réglé au moyen de quatre clavettes à vis *p'*, et dont la partie supérieure forme un godet graisseur.

Nous avons dit que la partie supérieure du bâti de la grue est armée d'une pièce en fonte C (fig. 3, 6 et 7), en forme de coupe garnie au centre d'un manchon en fer *c'* dans lequel le pivot *c* est taraudé; c'est ce manchon qui vient pénétrer dans la crapaudine, tandis que le pivot, que l'on peut monter ou descendre à volonté pour en régler la hauteur, à la faveur du pas de vis, fonctionne surtout comme support de la rosace F et de tout son équipage.

Les soins minutieux apportés à cette construction, et la précision des moyens ménagés pour maintenir avec beaucoup d'exactitude le rapport de la partie fixe avec la partie mobile, sont d'ailleurs pleinement justifiés par l'obligation de conserver l'aplomb de la grue et, en bon état de fonctionnement, l'engrènement du pignon *m* et de la couronne à denture intérieure F', duquel dépend le mouvement d'orientation.

Mécanisme d'orientation. — L'ensemble de ce mécanisme, qui comprend les pignons *m* à m^4 et leurs deux axes, est établi sur une console en fonte C', à quatre collets, fig. 3 et 6, boulonnée sur le côté de l'arbre de la grue, et qui sert également de support à l'axe de la poulie à chaîne *d*, l'une de celles appartenant au mouvement de direction. Quant à ce qui concerne l'orientation, il nous reste à faire remarquer que l'axe des pignons *m* et *m'*, qui forme comme le prolongement de l'arbre de transmission P, en est tout à fait indépendant; il a, en effet, pour support-crapaudine, un gobelet ajusté à l'extrémité de cet arbre qui est formé d'un tube en fer creux garni, aux deux extrémités, de parties pleines

assemblées au moyen de clavettes. Le pignon m^4 étant monté sur l'extérieur de ce tube, il se meut donc comme l'arbre P, qui reste ainsi indépendant du bout d'axe des roues m et m', et ne leur transmet le mouvement que par l'axe intermédiaire portant les roues m^2 et m^3.

Assemblage du pivot inférieur, fig. 8 et 9. — Excepté le moyen particulier de centrage, qui n'existe pas pour le pivot inférieur b, sa disposition présente beaucoup d'analogie avec celui supérieur; comme lui il est disposé pour pouvoir se démonter et rendre la visite du grain facile; il est également monté à vis dans un manchon en fer b', qui est claveté dans le sabot en fonte B, et pénètre cylindriquement dans le centre de la pièce E formant crapaudine. C'est, en effet, à ce manchon qu'est particulièrement confiée la mission de résister aux efforts latéraux qui atteignent, sous charge, une très-grande intensité, et auquel il répond par son grand diamètre, tandis que le pivot proprement dit b conserve une finesse favorable à la réduction de la résistance par le frottement dans le mouvement circulaire. Un petit graisseur b^2 permet facilement de lubrifier ce frottement; la crapaudine est d'ailleurs, ainsi qu'on le voit, entièrement recouverte par la pièce B qui la protége contre l'envahissement des sables dont le sol est ordinairement chargé.

Mécanisme de direction. Fig. 10 à 16. — On a vu que ce mécanisme, dont la partie principale est installée sur la volée, consiste surtout dans un chariot N roulant sur deux rails en fer r. On voit que l'ensemble de ce chariot est composé de deux croisillons en fer rassemblés par une entretoise centrale, par les axes des poulies e et par ceux des galets j auxquels viennent se fixer les extrémités de la chaîne sans fin O. On remarque sur la figure 10 l'installation de deux des tourniquets s, qui sont aussi représentés en détail, fig. 13 et 14.

En décrivant les précédents appareils de M. Neustadt, nous avons expliqué que ces tourniquets ont simplement pour objet de servir de supports, par leurs branches, à la chaîne de levée dont la partie horizontale tend à prendre, hors de charge, et sous l'influence de son propre poids, une inflexion considérable; ce sont donc des supports mobiles qui doivent se laisser franchir par les brins verticaux de cette chaîne et par les poulies e, dans le mouvement de translation du chariot N.

Les figures 11 et 12 représentent, en coupes verticale et horizontale, l'avant-bec D, de la volée, et qui offre surtout, comme particularité, le montage du pignon k' de la chaîne du chariot et la disposition du point d'attache fixe de la chaîne de levée. On voit que ce point d'attache est constitué par un fort boulon t, dont la portée, entre ses points d'appui, a été aussi réduite que possible, à la faveur de deux canons creux réservés à la pièce D, et par lesquels on introduit ce boulon.

Enfin les figures 15 et 16 représentent l'installation, sur la volée, du support sur lequel est monté l'axe du pignon moteur k de la chaîne de direction, et de la roue à vis sans fin l par laquelle la direction est com-

mandée; de ce même support dépend évidemment le collet supérieur de l'arbre de transmission l^2.

Il suffira de cette description et de notre dessin pour comprendre le fonctionnement complet de ce puissant engin, et pour apprécier le haut degré de perfection de tous ses détails.

DIMENSIONS ET CONDITIONS DE MARCHE.

Cet engin est aussi remarquable par son grand développement que par sa puissance qui répond, comme nous l'avons annoncé, à la levée d'une charge de 22 tonnes. Par la hauteur totale de la grue, qui est de 11m 250, du sol au croisillon supérieur, on en déduit que la hauteur d'élévation de la charge peut aller jusqu'à près de 9 mètres, à compter du sol de l'atelier. D'autre part, la flèche ayant 8 mètres de rayon, la course du chariot de direction peut atteindre 5 mètres.

TABLE DES ROUES ET PIGNONS DE TRANSMISSION

QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION DU MÉCANISME DE LA GRUE.

MÉCANISME D'ÉLÉVATION.						NOMBRE DE TOURS (celui de la commande étant l'unité).	
DÉSIGNATION DES ORGANES.	Diamètre primitif.	Nombre de dents.	Pas.	Épaisseur des dents.	Largeur des dents.	Petite vitesse.	Grande vitesse.
Arbre à manivelles.	mètres		mètres	mètres	mètres	tours.	tours.
Pignon de la petite vitesse	0.083	8	0.032	0.014	0.065	1.000	1.000
id. de la grande vitesse	0.241	25	0.030	0.014	0.065	1.000	1.000
Arbre intermédiaire.							
Roue de la petite vitesse	0.611	60	0.032	0.016	0.060	0.133	»
id. de la grande vitesse	0.452	47	0.030	0.014	0.050	»	[illegible]
Pignons des roues intérieures	0.181	11	0.051	0.024	0.105	0.133	[illegible]
Roues intérieures L	1.396	86	0.051	0.024	0.110	0.01705	[illegible]
Pignon-moteur I	0.231	9	0.079	»	»	0.01705	[illegible]
MÉCANISME D'ORIENTATION.						Vitesse unique	
Pigon d'angle sur l'axe horizontal	0.306	32	0.030	0.014	0.065	1	
Pignon d'angle sur l'axe vertical	0.382	40	0.030	0.014	0.065	0.8	
Pignon droit, m^4	0.221	22	0.031	0.015	0.075	0.8	
— m^3	0.401	40	0.031	0.015	0.075	0.44	
— m^2	0.190	14	0.042	0.015	0.095	0.44	
— m'	0.432	32	0.042	0.020	0.095	0.1925	
— m	0.134	6	0.070	0.030	0.105	0.1925	
Couronne intérieure F'	1.766	79	0.070	0.084	0.195	0.01462	

Pour l'évaluation du rapport entre les efforts à exercer pour l'évaluation de la charge, ou pour l'orientation, nous avons dressé la table ci-contre, qui est le répertoire exact des roues et des pignons qui composent les mécanismes de levée et d'orientation, avec toutes leurs dimensions et les vitesses relatives des axes auxquels ils appartiennent, celle du premier axe de commande étant l'unité.

Cette table indiquant que pour 1 tour de l'arbre à manivelles, l'axe du pignon-moteur fait $0^t,01705$, avec la disposition de la petite vitesse qui répond au maximum de puissance, et $0^t,068$ pour la grande vitesse que l'on admet pour les charges inférieures, il est aisé d'en déduire le rapport des efforts, dans ces deux circonstances.

Sous la charge de 22 tonnes, la tension de la chaîne Galle est de 11 tonnes, puisqu'elle est mouflée. L'effort à exercer théoriquement sur les manivelles, pour faire équilibre à cette tension, est évidemment en raison inverse des chemins parcourus à l'unité de temps, par ces manivelles et par un brin simple de la chaîne Galle.

Or les manivelles ayant 0^m450 de rayon décrivent un cercle de 0^m900 de diamètre, et le pignon-moteur I, qui commande la chaîne, porte 0^m231 de diamètre; les vitesses rotatives des axes correspondants étant $1 : 0,01705$, pour le plus grand effort à produire, il s'ensuit que les chemins parcourus cherchés sont dans le rapport suivant :

$$\frac{1}{0,01705} \times \frac{0,900}{0,231} = 228,51.$$

Par conséquent, les hommes appliqués aux manivelles devraient y développer théoriquement un effort total égal à :

$$\frac{11000^k}{228,51} = 48 \text{ kilogrammes.}$$

Comme pour la charge maxima de 22 tonnes on appliquera certainement, sur les manivelles, quatre hommes, qui sont bien capables de développer ensemble un effort d'au moins 60 à 70 kilogrammes, on voit que l'on possède un excédant de force suffisant pour surmonter les différentes résistances passives du mécanisme en plus de celle de la charge à soulever. La chaîne est également proportionnée en vue de cet excédant d'effort et répond à 12500 kilogrammes, tandis qu'elle n'est appelée à résister qu'à une charge utile de 11000.

Si maintenant nous considérons que la vitesse communiquée aux manivelles ne peut guère dépasser, dans cette circonstance, environ 20 tours par minute, on en déduit que la vitesse d'élévation de la charge :

$$\frac{20^t \times 0,01705 \times 3,1416 \times 0^m231}{2} = 0^m124 \text{ par minute.}$$

Quant aux résultats obtenus par la combinaison de la grande vitesse,

sans refaire les mêmes opérations, on voit de suite, à l'aide du tableau précédent, que la vitesse finale du pignon-moteur est 0,068 au lieu de 0,01705, c'est-à-dire 4 fois plus grande que pour l'élévation des plus fortes charges. Donc on pourrait, en employant encore quatre hommes, enlever le quart de 22 tonnes, soit 5,500 kilogr., mais avec une vitesse d'élévation quadruple, soit à raison d'environ 0^m 50 par minute.

La même table nous permet de calculer avec facilité la vitesse relative suivant laquelle peut s'effectuer le mouvement d'orientation.

Puisque 1 tour de l'arbre des volants P′ répond à 0^t01462 de la couronne F′, ou autrement dit, à ce parcours circulaire du pignon *m* et de l'ensemble de la grue autour de son pivot, nous en concluons que, pour faire exécuter à cette grue un tour entier sur elle-même, il faudrait faire faire à l'arbre des volants P′ :

$$\frac{1}{0,01462} = 68^t 4.$$

Il est clair qu'on ne fait jamais faire un tour complet à une grue, et que la plus grande évolution nécessaire n'est que d'un demi-tour; encore est-ce assez rare dans les manœuvres ordinaires d'une fonderie.

Il nous reste à dire quelques mots du mécanisme de direction qui ne comprend que peu de mobiles et que le tableau précédent ne mentionne pas. La transmission est, en effet, limitée à deux roues d'angle d'égal diamètre et à une roue à vis sans fin qui porte 26 dents. Par conséquent, la vis étant à un seul filet, il faut 26 tours du volant à main l^2 pour faire faire 1 tour aux pignons k et k' sur lesquels est montée la chaine O.

Le diamètre primitif de ces pignons étant de 0^m 165, dont la circonférence égale 0^m518, le chariot se déplace d'autant par chaque tour qu'on leur fait faire; si nous admettons que l'on agisse sur la transmission à raison d'une vitesse d'une vingtaine de tours par minute pour l'arbre l^2, on opérera donc le déplacement du chariot à raison d'une vitesse linéaire de :

$$\frac{0^m 518 \times 20}{26} = 0^m\ 398 \text{ par minute.}$$

Ajoutons, en terminant et pour compléter ce qui concerne le mécanisme de direction, que la chaîne O est proportionnée pour un effort de traction de 5,000 kilogrammes, ce qui représente environ 22 pour cent de la plus forte charge en y ajoutant le poids propre du chariot et les diverses résistances passives des organes en jeu dans la direction.

MOTEURS A VAPEUR

MACHINE A VAPEUR LOCOMOBILE

D'UNE PUISSANCE NOMINALE DE QUATORZE CHEVAUX

Par M. Isid. NILLUS jeune, constructeur mécanicien au Havre.

(PLANCHE 34.)

M. Isidore Nillus, de qui nous avons déjà publié des pompes d'épuisement d'un système tout particulier dans le XIIe volume de ce Recueil, s'est aussi appliqué dans ces dernières années à la construction des machines à vapeur fixes et portatives. Parmi ces dernières nous avons surtout remarqué son système de machine locomobile dans laquelle on retrouve la plupart des qualités, comme solidité et économie, que possèdent les bonnes machines fixes, et qu'il est beaucoup plus difficile de réunir dans les locomobiles ou même dans les machines dites simplement portatives ou demi-fixes.

Néanmoins il sera facile de reconnaître, par la description que nous allons en faire, que si cette machine est d'une exécution nécessairement un peu plus dispendieuse que certains autres systèmes ordinaires, elle n'est pas sensiblement plus volumineuse ni plus compliquée, mais, au contraire, elle jouit, au plus haut degré, des propriétés recherchées avant tout pour une bonne locomobile, c'est-à-dire une installation et une conduite faciles.

L'auteur a recherché, avant tout, à livrer aux industriels des machines dans les meilleurs conditions de sécurité, de durée et de consommation du combustible. Ainsi, il donne au générateur de grandes surfaces de chauffe, et il en isole, autant que possible, le mécanisme moteur, à toutes les parties duquel il donne également de larges proportions.

DESCRIPTION DE LA MACHINE LOCOMOBILE

REPRÉSENTÉE FIG. 1 A 5, PL. 34.

Ensemble de la construction. — La figure 1re représente cette locomobile, le générateur en coupe longitudinale et le mécanisme moteur en vue extérieure ; la figure 2 en est une vue extérieure de bout, à l'opposé du foyer, le fond du générateur démonté et le corps en coupe transversale; la figure 3 est une projection horizontale du mécanisme isolé du générateur ; la figure 4 est une section transversale partielle passant par l'axe du foyer et de l'arrière-train; la figure 5 est un détail du cylindre à vapeur représenté en section horizontale, mais augmenté d'une chemise ou enveloppe en fonte.

Afin de mieux faire comprendre les vues du constructeur en adoptant les combinaisons actuelles, nous résumerons en quelques mots les observations qu'il fait lui-même sur les inconvénients que présentent les dispositions ordinaires.

On sait que les dimensions, relativement exiguës, exigées pour les locomobiles, rendent difficile l'établissement d'un générateur auquel on puisse donner un foyer assez grand et des surfaces de chauffe suffisamment développées pour ne pas être conduit à accroître l'activité du feu dans des proportions qui finissent par devenir préjudiciables à l'économie du combustible et à la conservation du générateur lui-même.

M. Nillus dit aussi que, dans la superposition du mécanisme moteur et du générateur, on éprouve de sérieuses difficultés pour isoler convenablement ce mécanisme, le préserver des effets de la trop grande chaleur et pour lui donner toute la solidité nécessaire.

Pour répondre à la première objection relativement au développement de la surface de chauffe, ce mécanicien a admis, pour la construction du générateur, le mode usité dans les appareils de navigation dans lesquels, par un retour de flamme intérieur, la boîte à fumée se trouve ramenée du même côté que le foyer.

On voit, en effet, que le générateur est composé d'un corps horizontal cylindrique A, se raccordant avec un second corps vertical B dont la partie inférieure renferme le coffre du foyer au-dessus duquel il s'élève notablement pour constituer un vaste réservoir de vapeur.

Le foyer C, qui est circulaire et en tôle d'acier, se raccorde directement avec un bouilleur-foyer D, dont l'extrémité opposée débouche dans un carneau circulaire D′; la face de ce carneau forme plaque à tubes à laquelle sont effectivement virolés un certain nombre de tubes E débouchant, de l'autre bout, dans la boîte à fumée F. Cette boîte, qui offre à peu près la forme d'un trapèze, est jointe à la cheminée G qui traverse le réservoir de vapeur et débouche à sa partie supérieure.

L'ensemble du foyer, du bouilleur, des tubes et de la boîte à fumée

est entouré d'eau et constitue la surface de chauffe; la cheminée traversant le réservoir de vapeur la sèche et la réchauffe.

Il est remarquable que toute forme cubique est évitée afin d'éviter aussi l'emploi d'entretoises. Chaque partie intérieure est accessible pour le nettoyage à l'aide de tampons de visite ordinaires convenablement répartis; de plus le corps principal est clos, du côté opposé au foyer, à l'aide d'un fond mobile A′ fixé avec des boulons, et que l'on peut facilement démonter pour visiter cette partie du générateur.

Le mécanisme moteur, indépendamment de la disposition spéciale par laquelle l'auteur s'est attaché à l'isoler autant que possible du générateur, offre toutes les particularités par lesquelles se distinguent les machines les plus complètes et les plus perfectionnées.

Le bâti ou plaque H, dont toutes les autres pièces dépendent exclusivement, possède cette structure spécialement appropriée à ce genre de machine dont l'arbre moteur I ne peut avoir, ainsi qu'on le comprend, de support extérieur. Mais ici, en vue d'éviter tout porte-à-faux, cette plaque, que la figure 3 montre en projection horizontale, présente quatre paliers entre lesquels sont maintenus les divers organes accessoires du mécanisme. Enfin la disposition de la plaque se distingue encore par l'élévation des consoles en fonte J, par lesquelles elle s'appuie sur le corps de la chaudière, et dont elle se trouve ainsi assez éloignée pour n'en point ressentir la chaleur avec trop d'intensité.

Nous n'avons pas à entrer dans de grands détails sur l'ensemble de la machine; mais, nous nous arrêterons un instant sur la distribution qui possède l'agencement complet d'une détente variable.

Comme la figure 5 permet de le reconnaître, le mode de distribution admis est celui dit de Meyer dans lequel la boîte à vapeur N renferme un tiroir ordinaire *a*, percé de lumières et armé, au dos, de deux registres *b* montés sur une tige filetée à pas renversés. On sait que cette tige reçoit un mouvement alternatif d'un excentrique circulaire M′, monté près de celui M du tiroir, et qu'on modifie à volonté le degré d'admission à pleine vapeur en changeant la position des registres *b* sur leur tige commune; cette fonction s'opère, même en marche, en faisant tourner sur elle-même cette tige filetée qui est assemblée à rappel avec la crosse qui la rattache à la barre de l'excentrique, et porte, à cet effet, une tête à poignée *c* par laquelle on fait tourner cette tige avec la main.

Ajoutons que l'arbre porte, à l'opposé des deux excentriques de distribution, un troisième excentrique O qui commande la pompe alimentaire P, laquelle est, comme le reste, rattachée exclusivement à la plaque de fondation H; on remarque que la liaison du piston et de la tige de l'excentrique est effectuée au moyen d'une vis de pression *d* (fig. 4), qui permet le *déclanchement* lorsqu'on veut suspendre l'alimentation.

Enfin à côté se trouve la poulie Q commandant, par une courroie et une seconde poulie Q′, le régulateur de vitesse R, dont le bâti est fixé

directement sur les glissières de la tige du piston. L'arbre porte encore deux volants-poulies S et deux poulies T, d'un plus faible diamètre, suivant la vitesse à transmettre, etc.

Il nous reste à parler de la relation entre le générateur et le mécanisme moteur, tant au point de vue de la prise de vapeur et de son échappement qu'à celui de l'alimentation qui, dans cette locomobile, offre surtout de l'intérêt.

La vapeur est amenée dans la boîte du tiroir par un conduit *e* qui s'élève de cette boîte pour redescendre ensuite, par un arrondi d'un grand rayon, et vient aboutir à un robinet *f* appliqué directement sur le réservoir de vapeur, et en rapport exclusif avec un conduit élevé *f'* se terminant par une crépine. La place de ce robinet et la forme surélevée du conduit *e* sont ainsi combinées de façon à éviter tout entraînement d'eau ou le retour des vapeurs condensées dans la boîte de distribution.

L'échappement de la vapeur se fait, comme à l'ordinaire, par un canal en ceinture appartenant au cylindre moteur L, et qui se joint à un tuyau devant diriger cette vapeur dans la cheminée. Mais ici, ce canal aboutit d'abord à un corps cylindrique U placé au-dessous de la plaque, et qui fait fonction de *réchauffeur* pour l'eau d'alimentation. Dans ce récipient cylindrique circule et se replie un tuyau *g* dans lequel la pompe alimentaire refoule l'eau froide dans le générateur; par conséquent, la vapeur d'échappement l'enveloppe en parcourant le récipient U, et, après lui avoir abandonné une partie de sa chaleur, quitte ce récipient et s'écoule par le conduit extérieur *h* qui la dirige dans la cheminée.

Enfin cette machine est montée sur roues, comme il est nécessaire qu'elle le soit pour se déplacer facilement. Les deux grandes roues d'arrière V sont montées folles sur des fusées en fer *i* (fig. 4), forgées chacune avec une semelle rivée avec le coffre du foyer. Les petites roues V', formant avant-train tournant, sont montées de même aux extrémités d'une axe *j* qui est enfilé dans une douille en fonte *k*, à laquelle appartient le boulon d'assemblage des flèches d'attelage. Cette douille, qui doit fonctionner comme cheville ouvrière, porte, à cet effet, un goujon cylindrique qui s'ajuste dans un manchon en fonte *l*, boulonné avec une virole à bride, en tôle, *m*, rivée avec la chaudière.

On remarque que ces roues sont formées d'une couronne et d'un moyeu en fonte reliés, au moment de la coulée, par des *rais* en fer rond qui sont disposés d'avance dans le moule.

Telle est, en résumé, la disposition de cette machine, remarquable par sa bonne construction et par le large développement de toutes ses parties. Nous ne croyons pas nécessaire d'en faire le calcul, pensant qu'il suffit de renvoyer, à ce sujet, aux articles que nous avons déjà publiés, sur les locomobiles, dans ce Recueil, et dans notre *Traité spécial des moteurs à vapeur*.

CHIMIE APPLIQUÉE

DE L'ACTION DES MÉTALLOIDES SUR LE VERRE

ET

DE LA PRÉSENCE DES SULFATES ALCALINS

DANS TOUS LES VERRES DU COMMERCE

Par M. J. PELOUZE.

M. Pelouze, dans une récente communication faite à l'*Académie des sciences*, a présenté le résumé d'un travail qu'il a entrepris et qu'il a su mener à bonne fin. Comme les recherches de cet habile chimiste présentent, pour beaucoup de nos lecteurs, un véritable intérêt, ils nous sauront gré, sans doute, de le reproduire, d'autant mieux que nous avons donné dans le tome XV de ce Recueil le système de four de M. Siémens, dont l'auteur s'est servi pour ses expériences.

« On sait depuis une époque très-reculée, dit M. Pelouze, que le verre est coloré en jaune par le charbon et le soufre, mais on ignore comment il se comporte en présence des autres métalloïdes.

Mes expériences ont été faites pour la plupart dans les fours Siémens, de la manufacture des glaces de Saint-Gobin. Ils ont sur les fours à grille un avantage considérable. Éloignés des générateurs dans lesquels se produisent les gaz combustibles, les creusets qu'on y place ne sont pas exposés à recevoir les poussières de toutes sortes, les cendres, et particulièrement les éclats de pyrite qui jaillissent de la houille, quand celle-ci est brûlée directement sur la grille à côté des creusets ouverts contenant la composition qui, par sa fusion, donne le verre.

Les creusets étaient formés d'argile blanche réfractaire d'une qualité telle, qu'on pouvait la considérer comme étant sensiblement de la même nature que les matières qui entrent dans la composition du verre. Les belles argiles, en effet, ne sont formées, pour ainsi dire, que de silice et d'alumine, et si on ne fait pas entrer directement cette dernière dans le verre, on sait qu'elle peut y être introduite sans en altérer notablement les qualités générales.

Cependant, pour éviter encore davantage toute cause d'erreur, pour ne pas courir le risque de rencontrer dans l'argile des traces de pyrites, j'opérais souvent dans des vases de platine protégés par des creusets d'argile, dans lesquels ils étaient placés. Ils étaient exposés à une chaleur excessivement intense, car à côté de ces vases se trouvaient les creusets servant à la fabrication courante du verre à glace.

Enfin je plaçais dans le même four, et à côté des mélanges d'expériences, un second creuset qui contenait le mélange vitrifiable ordinaire et qui me servait de témoin.

VERRE AU CHARBON. — Pour colorer en jaune le verre au moyen du charbon, on fait un mélange ou composition A avec

Sable blanc.	=	250 parties.
Spath calcaire.	=	50 »
Sel de soude au titre de 85 degrés.	=	100 »
Charbon de bois.	=	2 »

Au bout de quelques heures, le verre étant fondu et affiné, le creuset est retiré du four et refroidi. Il contient une masse vitreuse d'apparence homogène colorée en jaune foncé.

On peut, pour obtenir un verre plus réfractaire et moins sensible aux influences atmosphériques, élever la proportion de sable de 250 à 290 parties.

On admet généralement que la coloration du verre par le charbon est due à ce qu'une petite quantité de ce corps se trouve en dissolution ou dans un grand état de division dans le verre.

VERRE AU SOUFRE. — Sa préparation est la même que la précédente; sa couleur jaune est identique avec celle du verre au charbon, et il serait impossible de les distinguer l'un de l'autre.

On peut augmenter la proportion de soufre à cause de sa volatilité et de sa combustibilité beaucoup plus faciles que celles du charbon. Avec 6 grammes de fleur de soufre on obtient un verre de la même nuance que celle fournie par 2 grammes de charbon.

Quelques verriers pensent que le verre coloré par le soufre supporte moins longtemps que le verre au charbon la double influence de l'air et d'une température blanche; quant à moi, je n'ai pu saisir sous ce

rapport, la plus légère différence. Les deux verres ont été maintenus en fusion pendant quarante-huit heures sans que leur teinte se soit affaiblie sensiblement.

VERRE AU SILICIUM. — On a soumis à la fusion le mélange suivant :

Sable blanc.	250 gr, 00
Carbonate de soude à 90 degrés.	100, 00
Spath calcaire.	50, 00
Silicium.	2, 50

Au bout de quelques heures le verre était affiné ; il était coloré en jaune et il était impossible de le distinguer des deux précédents.

VERRE AU BORE. — Même mélange, le silicium étant seulement remplacé par 2 grammes de bore.

Fusion et affinage faciles ; verre d'une belle couleur jaune, comme ceux dont il vient d'être question.

Le silicium et le bore que je dois à l'obligeance de M. H. Deville, étaient cristallisés et d'une grande pureté.

VERRE AU PHOSPHORE. — Le phosphore amorphe est pulvérulent, mêlé même en proportion considérable à la composition A, ne communique aucune couleur à la matière vitrifiée. Tous mes efforts tendant à obtenir un résultat positif ont échoué, sans doute parce que le phosphore se volatilisait entièrement ou se brûlait; mais si l'on fait agir sur la composition A le phosphure de chaux (j'ai déjà employé de préférence celui préparé par le procédé de M. Paul Thénard) sous le poids de 5 à 6 grammes, le phosphore cesse de se volatiliser, et il fournit un exemple de plus de la production d'un verre jaune absolument semblable à ceux, déjà en assez grand nombre, que je viens de signaler.

VERRE A L'ALUMINIUM. — La présence d'une proportion même très-petite d'aluminium dans la composition, rend le verre d'une fusion et surtout d'un affinage très-difficiles.

Cependant, avec beaucoup de temps et de soins, on parvient à avoir un verre homogène, bien fondu, transparent, sans beaucoup de bulles ou bouillons, et l'on remarque encore que sa couleur est jaune, comme celle des verres précédents.

Si je fais maintenant la récapitulation des corps simples qui produisent, avec les verres blancs du commerce, une couleur jaune, je trouve parmi les métalloïdes : le carbone, le soufre, le silicium, le bore, le phosphore; et l'aluminium parmi les métaux (1).

J'étais porté à croire que cette coloration constamment identique pourrait bien être due au silicium, le seul de ces corps simples qui fasse

(1) Il a été impossible d'obtenir un verre coloré avec l'arsenic et le zinc.

nécessairement partie du verre, mais les expériences qui suivent m'ont bientôt démontré qu'il fallait chercher ailleurs l'interprétation de ces singuliers phénomènes.

Action de l'hydrogène sur le verre. — L'hydrogène purifié par les moyens les plus énergiques colore le verre en jaune, à une température rouge. Si l'on fait passer ce gaz dans un tube de porcelaine contenant une nacelle de platine remplie de fragments de verre, celui-ci, porté à une température qui n'a pas besoin d'être très-élevée et refroidi dans le courant même d'hydrogène, affecte une couleur jaune moins belle et surtout moins intense qu'avec le charbon, le bore, etc., mais qui est cependant très-nette.

Si quelque chose doit étonner, c'est que cette réaction n'ait jamais été signalée, car les réductions par l'hydrogène dans des tubes de verre se font fréquemment dans les laboratoires.

La réduction de la silice par l'hydrogène paraissant impossible, surtout à une chaleur peu élevée, et la coloration du verre sous l'influence de ce gaz étant cependant semblable à celle opérée par les nombreux métalloïdes que j'ai cités, cette curieuse expérience imprima à mes idées un autre cours. Je me souviens qu'il y a plusieurs années, j'avais trouvé qu'il n'existe aucun verre dans le commerce qui ne contienne des quantités notables de sulfate alcalin, et dès lors il me sembla que tout pourrait bien s'expliquer, dans les réactions nombreuses dont il est question, par la formation d'un sulfure jouissant de la propriété de colorer le verre en jaune.

Sans perdre de temps, je dirigeai mes essais dans ce sens.

Je fis passer au rouge de l'hydrogène sur du verre réduit en poudre fine, en choisissant de préférence les échantillons qui contenaient le plus de sulfate, et il me fut facile de constater que cette réaction donnait naissance à un sulfure alcalin.

En fondant la composition A avec quelques centièmes de son poids de sulfate de soude, et la soumettant à un courant d'hydrogène, j'obtenais un verre d'un jaune excessivement foncé, dans lequel on reconnaissait facilement l'odeur, la saveur et toutes les propriétés d'un sulfure alcalin.

L'explication prenait donc, par ces nouveaux faits, un caractère de certitude. Toutefois, avant d'aller plus loin, je voulus répéter et multiplier mes expériences sur la présence et la proportion des sulfates contenus dans tous les verres du commerce sans exception.

Les chimistes les plus habiles qui ont analysé le verre n'y ayant pas signalé la présence du soufre, je devais prendre d'autant plus de précautions pour ne pas me tromper, et rien ne devait me coûter pour donner à mes expériences un caractère de certitude. Le verre vaut bien la peine que tout le monde s'en occupe; il y a peu de substances qui méritent à un plus haut degré l'intérêt des chimistes et des physiciens, et il n'y en a pas dont l'étude ait exercé plus d'influence sur le progrès

des sciences. La plupart des réactions et des préparations chimiques s'accomplissent au contact du verre; il est évident que la connaissance des éléments dont il se compose peut être, dans certains cas, de la plus haute importance.

Les verres dans lesquels j'ai cherché de nouveau la présence du soufre, qui s'y trouve sans aucun doute, à l'état de sulfate, sont : les verres à glace, le verre à vitre, le verre à gobeleterie, le verre de Bohême, le verre à bouteilles et un échantillon de verre ancien rapporté par moi de Pompéi en 1863.

Le verre à glace m'a donné des quantités diverses de sulfate de soude comprises entre 1 et 3 pour 100. La fonte, l'affinage et le tise-froid de cette sorte de verre durent en général de dix-huit à vingt-quatre heures.

J'ai voulu voir combien il en resterait après une exposition de cent vingt heures dans les mêmes conditions de température. Le verre en retenait encore 7 parties sur 1000.

Il contenait cependant autant de silice qu'on peut en introduire industriellement dans le verre.

Cette expérience est bien propre à montrer qu'avec les matières qu'on fait entrer aujourd'hui dans la composition des verres, on doit s'attendre à y trouver invariablement des quantités notables de sulfate alcalin.

Le verre de Pompéi m'a donné une quantité de sulfate de baryte correspondant à 2 pour 100 de sulfate de soude.

Un échantillon authentique de verre de Bohême, que je dois à l'obligeance de M. Péligot, contenait 2, 2 pour 100 de sulfate de potasse.

J'ai trouvé dans les autres verres, dans le verre à vitre, le verre de gobeleterie, le verre à bouteilles, comme maximum 3 1/2 pour 100, et comme minimum 1 pour 100 de sulfate de soude. Il résulte donc de mes analyses que les verres de toute fabrication contiennent des sulfates en proportions à peu près semblables.

On sait que les verriers emploient deux fondants, le sulfate et le carbonate de soude. Comme ce dernier sel marque tout au plus 85 degrés et, dans des cas très-rares, 90 degrés, il contient constamment des proportions très-notables de sulfate de soude. De là vient que ce dernier sel se rencontre dans le verre, indépendamment du fondant qui a servi à le préparer.

Il en résulte que, pour obtenir un verre tout à fait exempt de sulfate, il faudrait n'en pas laisser de traces dans le carbonate et opérer, par conséquent, avec un sel jusqu'ici inconnu, ou tout au moins sans emploi dans les verreries, avec un sel marquant 92°,5. Un tel verre n'existe pas dans le commerce; il serait sans doute moins altérable et plus homogène que ceux que nous connaissons jusqu'à présent, et peut être appelé à rendre de nouveaux services, particulièrement à l'optique.

Le sulfate de soude est sans doute à l'état de liberté dans le verre. C'est en quelque sorte une impureté, comme en contiennent, la plupart du temps, les composés les mieux définis, et il paraît impossible d'en débarrasser le verre, même par l'action de la chaleur la plus intense et la plus prolongée. Je parle ici au point de vue industriel seulement; car rien ne prouve qu'à la longue un pareil verre, exposé à l'action d'une chaleur intense dans un creuset de platine, ne puisse se dépouiller entièrement de sulfate.

J'ai fait voir, il y a dix ans que le verre le plus pur et le mieux affiné, lorsqu'il est réduit en poudre fine par une longue porphyrisation, devient profondément altérable, et qu'abandonné quelque temps à l'air dans cet état, il fait effervescence, comme la craie avec les acides.

J'ajouterai ici que le même verre porphyrisé pendant vingt-quatre heures, sur une plaque d'agate, cède directement à l'eau pure la plus grande partie du sulfate de soude qu'il contient.

Ces singulières altérations du verre produites par une simple action mécanique et provoquées peut-être ou facilitées par la présence des sulfates alcalins, méritent certainement plus d'attention qu'on ne leur en a accordé jusqu'à présent.

Je reviens maintenant à la coloration du verre par le charbon, le silicium et les autres métalloïdes. Si cette coloration est uniquement due à une réduction du sulfate de soude par le charbon, le silicium, le bore, etc., elle ne saurait se manifester sur du verre fait avec des matériaux privés de ce sel. C'est ce que j'ai constaté un grand nombre de fois, en employant comme fondant du carbonate de soude purifié par plusieurs cristallisations successives et débarrassé de toute trace de sulfate.

La composition suivante à été fondue au four à gaz, dans un creuset de platine, avec toutes les précautions possibles pour ne pas y laisser s'introduire la plus petite quantité de sulfate alcalin :

Sable blanc	250 gr.
Carbonate de soude pur et sec	100
Carbonate de chaux pur	50
Charbon d'amidon	2

Le verre obtenu était bien fondu, bien affiné et parfaitement blanc. Même résultat en remplaçant le charbon par le bore, le silicium et l'hydrogène. Ces métalloïdes ne colorent pas le verre exempt de sulfate, le verre pur, si je puis m'exprimer ainsi; mais ajoutez préalablement à ces mélanges 1/4 de centième de leur poids de sulfate, vous obtiendrez un verre d'une couleur jaune légère; avec 1/2 centième la teinte sera plus prononcée; avec 2 ou 3 centièmes elle le sera davantage, et on reconnaîtra facilement que son intensité est proportionnelle à la quantité de

sulfate ajoutée à la composition destinée à faire le verre. Par la même raison, on peut, sans déterminer par l'analyse la proportion de sulfate contenue dans un verre blanc du commerce, la juger approximativement par la couleur plus ou moins foncée que prendra le verre après avoir été chauffé avec du charbon.

Le verre pur (j'appelle ainsi, je l'ai déjà dit, celui fait avec un sel de soude exempt de sulfate) est coloré en jaune soit par le soufre, soit par un sulfure alcalin ou terreux. Le soufre se comporte avec ce verre absolument comme avec ceux du commerce.

On devait s'attendre à ce résultat que faisaient prévoir les observations et les expériences consignées dans ce mémoire.

Au lieu de préparer pour le commerce le verre jaune avec du charbon, on peut l'obtenir directement avec le sulfure de calcium, mais il ne faut pas oublier que le sulfaté contenu dans le carbonate agit comme comburant et fait disparaître une quantité correspondante de sulfure ; ce n'est donc que lorsque ce sulfate a été détruit que l'excès de sulfure colore le verre.

On a fondu le mélange suivant :

A.	Sable blanc.	200 gr.
	Carbonate de soude à 90 degrés.	100
	Carbonate de chaux.	50
	Sulfure de calcium.	20 ou 10 p. 100 (1).

On a obtenu un verre jaune très-foncé et à peine translucide.

B. Même mélange, avec 10 grammes de sulfure de calcium ou 2, 5 pour 100. Il a donné un verre d'un jaune beaucoup plus clair qu'on n'aurait dû s'y attendre. On pouvait déjà prévoir la destruction d'une partie notable de sulfure de calcium par le sulfate de soude contenu dans le carbonate.

C. Même mélange, avec 5 grammes de sulfure de calcium à 1, 25 pour 100. Le verre obtenu par la fusion de ce mélange est complétement incolore.

D. Même mélange, avec 5 grammes de sulfure. Le verre était encore sans couleur, comme le précédent.

E. Même composition avec 6 grammes de sulfure de calcium. Le verre est d'une couleur jaune peu intense, à peu près semblable à celle des cristaux de soufre natif.

Le point extrême de décoloration correspond à 5 gr, 500 de sulfure de calcium, soit à peu près 1 1/3 pour 100 du mélange vitrifiable, et la

(1) Préparer en calcinant au rouge un mélange de 250 grammes de charbon de bois et 2 kilogrammes de plâtre; le sulfure contenant encore une certaine quantité de sulfate.

couleur jaune ne commence à se manifester qu'avec des quantités de sulfure excédant cette dernière proportion. Aussi, dans la composition B où l'on en a employé 20 grammes, on doit admettre que 14 gr, 5 seulement sont entrés dans la coloration du verre; 5 gr, 5 ayant disparu par oxydation.

On voit par ce qui précède qu'on peut toujours connaître, au moyen d'un très-petit nombre d'essais, la proportion de sulfure qui agit comme colorant sur un verre donné, et graduer ainsi à volonté les nuances qu'on voudra lui communiquer.

En partant de ces données on a préparé sans tâtonnement et du premier coup un verre d'une intensité de couleur prévue, en fondant:

270 kilogrammes de sable;
100 kilogr. de carbonate de soude à 90 degrés;
50 kilogr. de marbre;
12 kilogr. de sulfure de calcium.

En résumant les principaux résultats qui précèdent, on voit:

1° Que tous les verres du commerce contiennent des sulfates;

2° Que le verre fait avec des fondants exempts de sulfates n'est pas coloré par le charbon, qu'il n'est pas coloré non plus par le bore, le silicium et l'hydrogène, etc.;

3° Que le soufre et les sulfures alcalins ou terreux colorent directement en jaune soit le verre pur, soit les verres du commerce;

4° Que la couleur que prend le verre sous l'influence des métalloïdes est due à une seule et même cause consistant dans leur faculté réductive.

« Je ne veux pas finir ce mémoire, ajoute M. Pelouze, sans remercier publiquement M. Pelletier du concours qu'il m'a prêté comme chimiste et comme verrier, dans l'exécution minutieuse et souvent très-délicate des expériences dont je viens de présenter le résumé à l'Académie. »

Les nouveaux fours de verrerie de M. Siémens sont appliqués aujourd'hui dans plusieurs usines importantes, et en particulier dans l'établissement de la compagnie générale des verreries de la Loire, que nous avons visitées récemment, accompagné par deux habiles et très-honorables praticiens bien connus dans cette industrie, MM. Hutter et Raab, administrateurs de cette compagnie et à qui l'on doit plusieurs innovations et améliorations intéressantes que nous aurons l'occasion de faire connaître.

MACHINES-OUTILS

MACHINES RADIALES A PERCER

Système de MM. FAIRBAIRN ET Cᵉ de Leeds

ET

Système de M. HULSE de Manchester.

(PLANCHE 35.)

Parmi les machines-outils qui meublent aujourd'hui tous les ateliers de constructions mécaniques, il n'en est peut-être pas qui soient aussi utiles et aussi nombreuses que les machines à percer. C'est pourquoi tous les mécaniciens qui s'occupent plus particulièrement de ce genre d'industrie, ont cherché à apporter, dans la disposition et l'agencement de ces machines, des modifications ou des perfectionnements plus ou moins remarquables qui les rendent propres à remplir, dans la pratique, certaines conditions essentielles ; tel est, par exemple, le système *radial* dont nous avons déjà décrit des spécimens.

Plus récemment, au commencement de ce volume, nous avons publié la belle Radiale de M. Hartmann, l'habile constructeur de Chemnitz (Saxe), et nous avons dit que nous nous proposions également de donner bientôt les dessins de deux autres machines du même genre, l'une de MM. Fairbairn, et l'autre de M. Hulse qui, comme la première, figuraient à l'Exposition universelle de Londres, en 1862.

Quoique appartenant à la même classe d'outils, ces trois machines présentent, comme on pourra facilement s'en rendre compte par un examen comparatif des planches gravées, des différences très-sensibles aussi bien dans leurs dispositions générales que dans le mode de construction adopté par chacun des constructeurs.

Dans le système de M. Hartmann, au-dessous du bras radial est ajusté à queue d'hironde, comme on se le rappelle (voyez pl. 4), sur le devant de la colonne-support, un plateau sur lequel se fixent les pièces à percer et qui permet, suivant les dimensions de celles-ci, de les présenter à l'action de la mèche à la hauteur convenable, soit en les arrêtant sur la table

horizontale rainée, soit sur l'un des côtés verticaux dudit plateau mobile qui sont également rainés à cet effet.

Cette disposition, qui facilite extrêmement la mise en place des pièces de formes et de dimensions les plus variées, existe aussi dans la machine de M. Fairbairn ; seulement dans celle-ci ce n'est pas un plateau mobile, mais bien un socle fixe de forme rectangulaire qui, en outre, est destiné à recevoir la colonne autour de laquelle tourne le bras radial.

Dans la perceuse de M. Hulse, le plateau mobile ou le socle rainé des deux premières machines est remplacé par une longue plaque très-peu élevée au-dessus du sol. Les pièces de grandes dimensions se fixent directement sur cette plaque au moyen de boulons à têtes, engagés dans les rainures dont elle est garnie. Quant aux petites pièces ou celles de faible hauteur, elles se montent sur un plateau exhaussé par un tronc de colonne, lequel repose sur ladite plaque rainée et s'y arrête à une distance plus ou moins grande, à volonté, du socle qui supporte le bras radial ; ce dernier pouvant, outre son mouvement de rotation, se déplacer dans le sens vertical, de façon à pouvoir, au besoin, éloigner ou rapprocher le porte-mèche de la pièce à percer.

Dans les trois machines, tous les mouvements peuvent être produits à la main ou rendus automatiques facultativement. Dans les perceuses de MM. Hartmann et Fairbairn la poulie motrice et le cône de changement de vitesse font partie de la machine, ce qui, dans certains cas, offre un avantage réel en ce qu'il devient inutile d'installer une transmission intermédiaire entre l'arbre de couche de l'atelier et l'outil.

Comme il nous a paru utile pour nos lecteurs, mécaniciens ou chefs d'atelier, de connaître les divers systèmes de radiales exécutées en Angleterre et en Allemagne, nous ne pouvions faire un meilleur choix qu'en prenant les modèles mêmes envoyés à Londres en 1862.

Après la comparaison sommaire que nous venons de faire à leur sujet, nous allons donner la description détaillée des deux systèmes que nous avons à faire connaître.

DESCRIPTION DE LA PERCEUSE RADIALE DE M. FAIRBAIRN

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 3, PL. 35.

La fig. 1re est une coupe verticale de cette machine suivant l'axe de la colonne et du porte-outil ;

La fig. 2 en est un plan général vu en dessus.

La fig. 3 une vue de face, l'extrémité du bras radial coupée.

Le socle en fonte A de cette machine est dit à *plateau universel*, parce qu'il présente sur trois de ses faces des rainures *a*, destinées à recevoir la tête des boulons qui, directement ou par l'intermédiaire de griffes ou d'équerres, maintiennent les pièces que l'on veut soumettre à l'action de la mèche perceuse.

Avec ce socle, mais par derrière la face verticale rainée, pour ne pas gêner le service de la machine, sont fondues deux consoles renversées A′, qui servent de support à l'arbre moteur B, muni des poulies fixe et folle P, P′ et du cône de transmission à poulies étagées C.

La colonne D, autour de laquelle peut tourner la longue douille D′ fondue avec le bras radial D², est fixée par trois boulons *a′* sur le socle A, qui reçoit aussi la console E servant de support à l'une des extrémités de l'arbre de transmission B′, muni du cône C′. Les poulies de celui-ci se trouvant étagées en sens inverse de celles du cône C, on obtient, comme de coutume, les changements de vitesse en faisant passer la courroie motrice d'une poulie sur l'autre.

Pour pouvoir varier la vitesse dans de plus grandes limites que ne le permettent ces deux cônes étagés, le constructeur a disposé, comme dans les tours, un second arbre E′, parallèle à celui B′, et pourvu d'une roue *b* et d'un pignon *b′* qui y sont clavetés. La roue *b* engrène avec le pignon *c*, réuni par des vis (voyez fig. 1) avec le cône C′ et, naturellement, comme lui monté fou sur l'arbre B′, tandis que la roue *c′*, qui engrène avec le pignon *b′*, est, au contraire, calée sur ledit arbre B′.

Cette combinaison permet d'obtenir, comme on sait, une vitesse notablement ralentie de celle communiquée au cône et qui est ici, par suite des rapports existant entre les deux pignons *c b′* et les roues *b c′*, de 1 à 3, 36. Quand ce ralentissement de vitesse n'est pas nécessaire, il suffit de faire glisser sur son axe la roue *b*, afin de dégager ses dents de celles du pignon *c*, puis de rendre solidaire, au moyen de boulons, le cône C′ avec la roue *c′*. L'arbre B′ peut donc ainsi recevoir, dans des conditions de vitesses variables, le mouvement de rotation, et il le transmet par la paire de roues d'angle *d* et *d′* à l'arbre vertical E logé à l'intérieur de la colonne ; ce dernier, par son pignon d'angle supérieur *e* engrenant avec celui *e′*, commande l'arbre horizontal F, donnant à la fois à l'outil le mouvement de rotation et celui de descente.

Le premier de ces mouvements est transmis directement de l'arbre F par le pignon d'angle *f*, engrenant avec un pignon semblable *f′* fondu avec la douille F′ qui, ajustée à frottement dans la douille cylindrique du chariot G, a son centre percé pour recevoir l'arbre porte-outil G′, qu'elle entraîne au moyen d'une clavette engagée dans la rainure pratiquée sur toute la longueur de cet arbre.

Le second mouvement, celui qui détermine la descente de l'outil, est transmis par le pignon conique *f′* engrenant avec le second pignon *g* placé symétriquement au premier *f*, à l'un des bouts d'un petit axe monté dans une douille horizontale qui fait partie du chariot G. L'autre bout de cet axe est muni du petit cône à trois poulies étagées *g′*, lequel correspond avec un cône semblable *h*, monté inversement sur un arbre parallèle que supporte un double bras également fondu avec le chariot, mais à sa partie inférieure. Cet arbre est muni, en outre, d'une vis sans

fin *i*, qui engrène avec une roue héliçoïdale *i'* montée à l'extrémité inférieure de l'arbre H. Celui-ci, à son sommet, porte le pignon H' qui commande la roue droite I, dont le moyeu, formant écrou, est traversé par la vis I', laquelle (voyez fig. 1) est reliée à l'arbre porte-outil G'.

Cette réunion de l'arbre et de la vis a lieu par un petit manchon en bronze *j*, qui est en deux pièces pour permettre son introduction dans les deux gorges ménagées, l'une au bout de l'arbre G', et l'autre à la partie inférieure de la vis.

Quand on trouve convenable d'opérer le mouvement de descente de l'outil à la main, il suffit de faire tomber la courroie de dessus les petits cônes *g'* et *h* et d'agir sur la manivelle du volant K. Dans ce but, ce volant porte un cliquet qui est engagé dans les dents du rochet *k* fondu avec la roue héliçoïde *i'*, et naturellement avec celle-ci monté fou à l'extrémité de l'arbre H; il s'ensuit que l'entraînement de cet arbre au moyen de la vis sans fin *i* n'a lieu que par l'intermédiaire du cliquet; ce qui permet, en dégageant celui-ci, lorsqu'on veut agir à la main, de n'avoir pas à entraîner les roues et la vis, lesquelles offriraient sans cela une résistance assez considérable.

Le volant K, en le tournant en sens inverse, sert encore à faire remonter assez rapidement l'outil lorsque le trou est percé.

Pour éloigner ou rapprocher cet outil de la colonne, le chariot G peut glisser le long du bras radial sur lequel il est, à cet effet, ajusté à queue d'hironde, en même temps qu'il est muni d'un écrou en bronze *k'* traversé par la vis K' au moyen de laquelle on opère le déplacement.

Quelle que soit la place que le chariot occupe sur le bras, le mouvement est toujours transmis à l'outil par l'arbre F, parce que celui-ci peut glisser librement dans le moyeu de son pignon de commande *e'*, lequel est muni d'une clavette qui reste toujours engagée dans la rainure pratiquée sur toute la longueur de cet arbre.

Comme le bras radial doit pouvoir tourner autour de la colonne sans que les dents du pignon d'angle *e'* cessent de rester en prise avec celles du pignon *e*, son support à douille L est boulonné sur le bras, et l'autre extrémité de l'arbre F est portée par un manchon *l* dans l'épaisseur duquel il est retenu au moyen d'une goupille qui ne l'empêche pas de tourner, et ce manchon est ajusté à frottement doux sur la tête du porte-outil pour pouvoir également tourner indépendamment de celui-ci et de la roue supérieure I formant écrou.

Quant au déplacement de la longue douille ou manchon D' fondu avec le bras autour de la colonne D, il s'effectue facilement à la main, après avoir préalablement desserré les quatre vis *l'* qui la fixent et que l'on resserre lorsque la position convenable est trouvée.

Cette machine, dont la flèche est de 0m 90 et la course entière de 0m 40, peut percer des trous de 0m 040 de diamètre dans le fer et la fonte, et même de 0m 050 dans du métal moins dur, comme le cuivre ou le bronze.

DESCRIPTION DE LA PERCEUSE RADIALE DE M. HULSE,

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 4 A 7, PL. 35.

La fig. 4 est une section verticale faite par l'axe de la colonne-support de cette machine dans le sens longitudinal ;

La fig. 5 est une section horizontale passant par le bras radial ;

La fig. 6 montre en détail le porte-outil suivant une section transversale faite par l'axe ;

Enfin la fig. 7 est une section horizontale à la hauteur de ligne 1 2.

Nous allons retrouver dans cette machine tous les mouvements que nous venons de décrire, mais obtenus par des combinaisons différentes.

On reconnaît, tout d'abord, que la partie fixe de cette machine se compose de la grande plate-forme A, peu élevée au-dessus du sol et garnie de rainures longitudinales *a*, destinées à recevoir les boulons d'attache soit des pièces de grandes dimensions qui peuvent y être placées directement, soit ceux fixant la table circulaire T qui élève les pièces à la hauteur convenable. Cette plate-forme est fondue avec le socle creux A', de forme circulaire, sur lequel se fixe par trois boulons *a'* la colonne D, qui sert de support à toutes les pièces mobiles.

A cet effet, cette colonne est fondue avec les douilles qui supportent l'arbre moteur B, muni du cône étagé C, l'arbre B' et celui *b* servant tous deux à la transmission permettant de mobiliser le châssis vertical D qui porte le bras radial D'. Ce châssis est ajusté à queue d'hironde sur la face dressée de la colonne, à laquelle est aussi fixé le support à deux branches C' qui supporte, en les maintenant engrenés, quelle que soit la hauteur du châssis, les deux roues d'angle *d d'*; la seconde de ces roues est clavetée sur l'arbre vertical E au sommet duquel est fixé le pignon d'angle *e* engrenant avec celui *e'*, lequel, calé au bout de l'arbre horizontal F, donne le mouvement de rotation au porte-outil au moyen des deux roues droites *c c'* et de la paire de roues d'angle *f f'*.

Comme dans la machine de M. Fairbairn, ce mouvement du porte-outil G' est communiqué par l'intermédiaire d'une douille *g* sur laquelle est fixée la roue *f*, et qui tourne ici dans deux coussinets en bronze maintenus par des chapeaux boulonnés sur le chariot G (fig. 4 et 6).

Le déplacement de ce dernier sur toute la longueur du bras radial D' s'effectue au moyen de la vis K', que l'on peut faire tourner en agissant sur la poignée du petit volant à main V.

Tout le mécanisme de la transmission est entraîné avec le chariot, parce que tous les supports des arbres dont elle est composée en font partie, si ce n'est pourtant l'arbre F sur lequel est claveté le petit pignon *c* ; mais celui-ci est engagé dans une douille fondue avec le chariot, laquelle est traversée par l'axe, de telle sorte qu'elle y peut glisser en entraînant le pignon qui a sa clavette engagée dans une rainure.

Le mouvement de descente de l'outil, pour le faire pénétrer graduellement dans le métal, est transmis automatiquement par le petit axe qui porte le pignon droit *c'* et la roue d'angle *f* communiquant à l'outil sa rotation. Cet axe, dans ce but, est muni du petit cône étagé *g'* qui commande le cône semblable, mais inverse *h*, dont l'arbre, supporté par une douille venue de fonte avec le chariot, est muni d'un pignon droit *i* qui engrène avec la petite roue *j'* (fig. 1 et 6), fixée sur un arbre parallèle au premier, et dont le bout opposé porte une vis sans fin. Celle-ci engrène avec la roue *k*, laquelle, par l'intermédiaire du levier à encliquetage K, est reliée à l'arbre vertical H. Ce dernier, par la vis sans fin H' engrenant avec la roue *g*, donne le mouvement à l'arbre du pignon I (fig. 6) et celui-ci à la crémaillère I' reliée par un manchon *j* à la tige du porte-outil G'. Lorsqu'on veut opérer ce mouvement à la main, on supprime la courroie et on agit sur la poignée du levier K.

Le bras radial est réuni au châssis vertical D au moyen de deux tourillons en fonte *l*, percés au centre pour le passage de l'arbre de transmission E, afin de permettre de le faire tourner et de le placer dans la direction jugée nécessaire. La position une fois déterminée, on l'y arrête au moyen des deux vis de pression *l'* engagées dans des trous taraudés dans les douilles du châssis D.

On donne à celui-ci une position plus ou moins élevée, selon la hauteur des pièces à percer, à l'aide d'une transmission fort simple, laquelle se compose d'une crémaillère, fondue avec un des bords extérieurs de ce châssis, et du pignon *m* fixé sur l'arbre horizontal B'. L'autre extrémité de cet arbre est munie de la roue à denture héliçoïdale M, que l'on peut tourner à l'aide du volant à manette V', lequel a son axe *b* muni d'une vis sans fin qui engrène avec ladite roue.

Dans le mouvement d'élévation ou de descente du châssis, les pignons d'angle *d* et *d'* restent engrenés, maintenus qu'ils sont par les deux branches du support fixe C'. C'est alors l'arbre E qui glisse dans la longue douille du pignon *d'*, dont la clavette reste engagée dans la rainure pratiquée à cet effet sur toute la longueur de l'arbre.

On voit donc que cette machine, comme la précédente, satisfait à toutes les conditions de solidité, de stabilité et d'agencement qui caractérisent les outils de bonne construction, et qu'elle peut être utilisée à un grand nombre de travaux par suite des larges limites que l'on peut donner, soit à la course de l'outil dans le sens radial, soit à celle du chariot suivant la longueur du bras, laquelle n'a pas moins de 1m 20, soit à la hauteur du bras, variable au besoin de 0m400, soit enfin par l'emploi de la plate-forme rainée sur laquelle les pièces de grandes dimensions peuvent être directement fixées ou bien sur le plateau à colonne quand elles sont de faibles hauteurs.

FABRICATION DE LA BIÈRE

DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA BRASSERIE

DE M. FÉLIX BOUCHEROT, A PUTEAUX

APPAREILS DE FABRICATION

Construits par MM. SÉRAPHIN frères, ingénieurs-mécaniciens à Paris.

(PLANCHES 36 ET 37.)

L'usage de la bière est maintenant extrêmement répandu en France. Cette boisson n'est plus localisée dans le Nord et dans l'Alsace, on en consomme partout; mais c'est surtout à Paris, depuis quelques années, que cette consommation s'est accrue dans une large proportion. Il est vrai que la brasserie parisienne a fait de grands progrès; elle est arrivée à produire des bières qui ne le cèdent plus, comme qualité, aux meilleurs produits similaires étrangers.

Les bières dites de Lille, de Strasbourg et de Lyon, qui pendant longtemps, et chacune à leur tour, ont eu la préférence à Paris, sont presque exclusivement remplacées par celle dite de *Bavière,* bière très-légère dont le mode de fabrication diffère assez sensiblement des précédentes.

Nous nous proposons dans cet article d'en faire connaître la composition, et, en donnant un aperçu général de l'installation complète d'une brasserie, de décrire tout spécialement les appareils perfectionnés nécessaires dans cette fabrication.

La brasserie de M. Boucherot que nous avons prise comme spécimen, est connue sous la désignation de *Brasserie Peters,* du nom de

son fondateur, qui fit ériger les premiers bâtiments en 1834, au bord de la Seine, en amont du pont de Neuilly; c'est une très-belle fabrique, qui, sans être des plus importantes, est certainement aujourd'hui, grâce à M. Boucherot et à MM. Séraphin frères, des mieux installées peut-être de toutes celles qui existent en France et à l'étranger.

Comme on le verra par les dessins que nous devons à l'obligeante communication de ces messieurs, toutes les manipulations sont faites mécaniquement et les divers appareils sont chauffés à la vapeur.

Comme dans les sucreries perfectionnées (1), le chauffage de tous les appareils, telles que chaudières à évaporer, cuves-matières, etc., est obtenu au moyen de doubles fonds et par des retours directs de vapeur. Ce système, qui peut présenter de graves inconvénients lorsqu'il est mal établi, offre, dans le cas contraire, de grands avantages pour l'économie et la marche régulière et méthodique des opérations.

Il faut d'abord, pour cela, que les doubles fonds soient très-solides et timbrés comme les générateurs; puis, conditions indispensables dans l'installation, que les appareils se trouvent placés à une certaine distance au-dessus desdits générateurs, afin que la circulation puisse s'établir d'une manière certaine.

Dans l'usine de M. Boucherot, la vapeur prise à la partie supérieure des dômes formant récipients, est dirigée dans les doubles fonds; et, lorsqu'elle a laissé dans ceux-ci une partie de son calorique et qu'elle s'est condensée en grande partie, elle retourne au générateur en s'y introduisant par la partie inférieure des bouilleurs.

Tous ces appareils, qui sont bien agencés, peuvent fonctionner indépendamment les uns des autres; les opérations s'accomplissent très-régulièrement; la vapeur ne dépose que la quantité de calorique nécessaire au chauffage et à l'évaporation, et de plus l'alimentation des générateurs se fait presque entièrement sans que l'on ait à s'en occuper.

Nous décrirons bientôt plus en détail le fonctionnement de ces appareils, mais auparavant, nous croyons utile de faire connaître à nos lecteurs, sur ce sujet que nous n'avons pas encore traité, les diverses manipulations et compositions qu'exige en général la fabrication des bières.

MATIÈRES PREMIÈRES. — COMPOSITION.

La bière, comme on le sait, est une boisson légèrement alcoolique résultant de l'infusion fermentée du grain des céréales, tel que l'orge, avec addition des principes aromatiques et amers que donne plus particulièrement le houblon.

(1) Voir, dans le vol. xv, les dessins et la description de la grande sucrerie modèle de MM. Lalouette et Cie établie à Barberie, par MM. Cail et Cie.

Bien que ce soit l'orge la matière première la plus importante dans la composition des bières, la classe presque tout entière des céréales et des légumineuses peuvent être et sont quelquefois employées dans certaines circonstances pour des besoins locaux ; tels sont, d'après M. Lacambre (1), en suivant leur degré d'importance dans ce cas, le froment, l'épeautre, le seigle, l'avoine, le sarrasin, le maïs, les fèves, les haricots, puis les pommes de terre et les fécules.

Orge. — Mais comme l'orge est la matière première la plus importante, puisqu'elle sert à préparer le *malt* qui est la base de la fabrication dans presque tous les pays, c'est d'elle que nous devons nous occuper tout particulièrement.

On cultive plusieurs variétés d'orge qui toutes sont plus ou moins propices à la fabrication de la bière, mais généralement on donne la préférence à l'orge ordinaire d'hiver à peau lisse ou à la grosse orge du Nord, qui est l'espèce la plus commune et dont la première n'est qu'une variété. Pour certaines bières on emploie aussi la petite orge d'été ainsi que la variété d'orge à six rangs dite Escourgeon. Ces deux dernières espèces ou variétés d'orge sont moins avantageuses que les premières pour le rendement en bière ; mais aussi leur prix est ordinairement moins élevé, et elles ont le grand avantage, en été, de mieux germer que les autres espèces.

Les grains d'orge doivent être sains, assez lourds (1 hectolitre pèse de 64 à 66 kilog.). Pour s'assurer que les grains offrent bien la propriété de germer très-régulièrement, on les laisse s'hydrater, dit M. Payen, en les plaçant sur une couche de 3 ou 4 millimètres d'eau, dans un vase plat, couvert, où l'humidité se conserve, et où la température se maintienne entre 15° et 20° centésimaux. Dans l'orge de bonne qualité, tous les grains doivent germer à peu près simultanément, ce qui a lieu quand l'orge est de la même année, d'une même variété et provient du même terrain.

L'orge à l'état normal renferme 10 à 14 p. 0/0 d'eau et 18 à 20 p. 0/0 de matières ligneuses, de son, de manière qu'il ne renferme que 68 à 70 p. 0/0 de matières utiles, c'est-à-dire de farine sèche et pure. Cette farine se compose de sucre, de gomme dextrine, de gluten, d'amidon, d'hordéine et d'une très-faible quantité de résine jaune.

On emploie, d'après M. Payen, pour certaines bières, outre l'orge germée, du blé et de l'avoine moulus, non germés, dits *grains crus*. L'avoine renferme un principe aromatique qui donne à la bière un goût agréable qui distingue en partie la bière de Louvain. Depuis longtemps, en France, on ajoute à la bière des matières sucrées, telles que la mélasse de sucre brut, la glucose. Cette addition, qui offre souvent une économie au brasseur, rend le travail plus facile et assure à la bière une plus longue conservation ; cela se conçoit, puisqu'on diminue ainsi les proportions des principes de l'orge les plus altérables, notamment des matières azotées qui engendrent et développent les ferments. Toutes les bières fabriquées avec du sucre seul, ou même avec des grains et du sucre,

(1) *Traité complet de la fabrication des bières et de la distillation des grains*, par M. C. Lacambre, ingénieur civil, Bruxelles, 1851. C'est à cet ouvrage et au *Précis de chimie industrielle* de M. Payen que nous empruntons une partie des renseignements qui sont relatifs à la composition et à la fabrication des bières considérées dans leur ensemble.

ont l'inconvénient d'être sèches à la bouche, tandis que celles qu'on fabrique exclusivement avec des grains humectent agréablement le palais, ce qui est dû aux principes solubles, tels que la dextrine, etc., qui rendent le liquide mucilagineux et se trouvent en grande proportion dans l'orge après le maltage et les trempes.

HOUBLON. — L'odeur aromatique de la bière est due au houblon, plante de la famille des urticées, grimpante, à racines vivaces; elle produit des fleurs en forme de cônes dont la base présente de nombreux granules jaune et orangé. Ce sont ces fleurs, dont la sécrétion donne une substance jaune pulvérulente, qui servent seules à donner à la bière son odeur spéciale et le principe amer qui concourt à sa saveur.

Pour essayer les houblons, on frotte les cônes dans l'intérieur de la main : l'odeur plus ou moins forte, plus ou moins agréable qui se développe, éclaire le praticien exercé sur la qualité de ce produit. Cette odeur varie avec la température moyenne des localités où le houblon végète, et selon la saison, l'époque de la récolte, le temps écoulé depuis l'emmagasinage et les moyens employés pour sa conservation.

Le climat exerce une grande influence sur le développement et les qualités de l'huile essentielle du houblon, comme cela se remarque pour toutes les plantes aromatiques; dans les pays chauds cette sécrétion est très-abondante, mais d'une odeur moins suave que dans les pays tempérés. Pour obtenir le maximum d'huile essentielle, il faut récolter les cônes du houblon lorsqu'ils sont d'un jaune encore légèrement verdâtre, avant que les graines soient complétement mûres.

Après la récolte on fait sécher le houblon assez rapidement, pour éviter la déperdition de l'arome, ainsi que sa transformation partielle en résine au contact de l'air. On le conserve en le comprimant dès qu'il est suffisamment desséché, soit en le piétinant dans des sacs, soit, ce qui est bien préférable, en se servant de presses hydrauliques, de presses à vis ou à leviers.

La partie glanduleuse et aromatique développée en une foule d'utricules, formant à la base des folioles qui entourent la graine une sorte de poussière jaune, contient, d'après M. Payen, les matières suivantes : eau, cellulose, huile essentielle, résine, deux matières grasses, matières azotées, principe amer, substance gommeuse, acétate d'ammoniaque, soufre, chlorure de potassium, sulfate et phosphate de potasse, sulfate et carbonate de chaux, phosphate ammoniaco-magnésien, oxyde de fer, silice.

Deux substances surtout, dans ce nombre, sont utiles pour la fabrication de la bière : l'huile essentielle et le principe amer. L'huile essentielle, outre le goût particulier qu'elle donne à la bière, est, ainsi que ses congénères, un agent de conservation. Cette huile a la propriété, précieuse pour cette application, d'être en grande partie soluble dans l'eau, ce qui permet de la répartir uniformément, de la faire entrer et de la maintenir en suffisante proportion dans la bière.

Le houblon étant d'un prix assez élevé, on a cherché à diverses reprises à lui substituer d'autres agents; on a principalement employé le buis, la gentiane, etc. Mais cette fraude est facile à reconnaître, car l'huile essentielle de ces substances diffère, par sa saveur et son odeur, de celle du houblon.

PRÉPARATION DU MALT.

Le maltage a pour but d'amener le grain à un état tel qu'il puisse se dissoudre dans l'eau et donner une liqueur sucrée et propre à la fermentation. Les divers procédés de préparation du malt se divisent tous en quatre opérations qui comprennent : 1° le *mouillage* des grains ; 2° la *germination* qui doit développer la diastase ; 3° la *dessiccation* des grains germés ; 4° enfin le *broyage* ou *mouture* de l'orge desséchée.

Mouillage. — Le mouillage a pour but d'introduire dans les grains une quantité d'eau suffisante pour déterminer la germination ; il sert en même temps à éliminer les grains vides qui viennent nager à la surface de l'eau, et à enlever quelques matières solubles et corps étrangers. Cette opération se pratique dans de grands réservoirs en bois ou en maçonnerie enduits de ciment romain, d'asphalte ou doublés de dalles unies et bien jointes.

Dans ces bacs, d'un mètre environ de profondeur, on fait arriver de l'eau jusqu'à une hauteur telle que l'orge y étant ensuite versée, elle soit recouverte de cinq à six centimètres de liquide. Au fur et à mesure que l'on fait couler les grains, on les agite à l'aide d'un râteau pour en détacher les corps étrangers, puis on enlève à l'écumoire les grains vides et avariés qui surnagent, et l'on soutire l'eau trouble que l'on remplace par de l'eau claire.

Le temps pendant lequel l'orge doit rester dans l'eau varie suivant la température de cette dernière, soit avec la saison, l'âge, la nature et l'espèce de grain qu'on emploie : ainsi l'hiver, on laisse ordinairement tremper l'orge 40 à 50 heures, tandis que l'été 24 à 30 peuvent suffire ; dans cette saison l'eau doit être renouvelée quatre ou cinq fois, et en hiver trois fois seulement.

On juge que l'hydratation est suffisante lorsque les grains sont uniformément gonflés et qu'ils s'écrasent avec facilité sous la pression de l'ongle ; on laisse alors l'eau s'écouler : le grain s'égoutte pendant quatre à six heures. L'orge est ensuite portée au germoir.

Germination. — Cette opération, dit M. Payen, exige le concours de l'humidité, de l'air et d'une température de 12° à 18°, aussi constante que possible afin que la germination soit régulière. On réalise ces conditions favorables en disposant comme germoirs des caves ou celliers ils doivent être enduits de ciment ou bitume, ou recouverts de dalles en pierre faciles à laver après chaque opération, afin qu'on puisse enlever les détritus organiques susceptibles de développer des fermentations ou moisissures qui seraient préjudiciables aux opérations suivantes.

Le printemps est la saison la plus favorable au maltage, et c'est aux mois de mars et d'avril que la température utile, variant moins, la germination parcourt plus régulièrement ses phases : cette circonstance explique la dénomination de *bière de mars* donnée à cette boisson, pour en indiquer la bonne qualité. Néanmoins on peut malter et brasser avec presque autant d'avantage en automne. Dans les contrées chaudes, on fait germer depuis le mois d'octobre jusqu'au mois de mars.

L'orge, dans le germoir, est mise en couche ou tas de 50 à 60 centimètres de hauteur ; on la laisse en cet état jusqu'à ce qu'il s'y manifeste une certaine élévation de température, qu'on doit favoriser en hiver en recouvrant les tas d'un

drap. Dès que la germination commence à se manifester par l'apparition d'une proéminence blanchâtre (radicule ou radicelle), on diminue l'épaisseur de la couche à 0m30 ou 0m 35; on étale ensuite le grain sur une épaisseur de plus en plus réduite, graduellement, au fur et à mesure des progrès de la germination; lorsque celle-ci se termine, la couche ne doit guère avoir plus de 0m10 d'épaisseur.

Il faut remuer à la pelle l'orge de temps en temps, une fois par jour en hiver, et deux ou trois fois en été, afin de renouveler les surfaces, d'aérer le grain et de mieux répartir la température. Pour éviter d'écraser le grain, les ouvriers marchent nu-pieds ou chaussés de larges sabots ou de sandales en caoutchouc. Un léger renouvellement d'air doit être ménagé dans le germoir, car la germination des masses de grains qui s'y trouvent réunis développe une quantité considérable d'acide carboniqne, qui pourrait faire courir des dangers d'asphyxie aux ouvriers.

Lorsque les grains éprouvent au germoir une dessiccation notable, il faut les arroser légèrement. La germination se termine ordinairement dans un espace de huit à dix jours durant les saisons chaudes, et de douze à quinze jours vers la fin de l'automne. On reconnaît facilement le terme où la germination doit s'arrêter : c'est lorsque la gemmule a atteint un développement égal aux deux tiers de la longueur du grain; alors, en effet, l'orge germée recèle une proportion de *diastase* largement suffisante pour transformer l'amidon de tout le périsperme en dextrine et en glucose.

Dessiccation. — Lorsque la germination est arrivée au point convenable, on l'arrête par la dessiccation en étendant l'orge sur le plancher d'un grenier à l'air libre, puis dans une étuve à courant d'air que l'on désigne sous le nom de *touraille* (1).

La construction de cet appareil doit permettre d'y exposer le malt à un courant d'air graduellement réchauffé. En effet, si l'on dépassait tout d'abord la température de 57°, l'amidon contenu dans le grain humide formerait empois, et les granules d'amidon gonflés et soudés ensemble constitueraient, après la dessiccation, une masse dure, cornée, presque impénétrable à l'eau; l'amidon ne pourrait s'hydrater ni, par conséquent, être saccharifié. Lorsque le malt est à peu près sec, on peut sans crainte élever la température jusqu'à 90°, la diastase n'étant altérable à ce degré qu'en présence de l'eau.

Les appareils que l'on a employés pour dessécher sont nombreux; l'un des plus simples et des anciens se compose d'une plate-forme horizontale de 5 à 6 mètres de côté, et qui est formée de plaques de tôle percées et d'une toile métallique. Cette plate-forme repose sur une maçonnerie en forme de trémie ou de pyramide renversée, dont la partie inférieure reçoit le foyer, recouvert d'une voûte en brique, dont l'office est d'entretenir une température qui favorise la combustion et d'empêcher le rayonnement direct du foyer sur la plate-forme.

Pour activer la dessiccation dans ces tourailles et pour la rendre uniforme, il est nécessaire de retourner plusieurs fois l'orge.

Ces tourailles ont été améliorées par M. Chaussenot, qui, au lieu d'une seule

(1) Certaines bières très-délicates, notamment la bière de Louvain, se fabriquent encore avec des grains séchés à l'air libre, étendus en couches très-minces sur des greniers dont les planchers sont recouverts de plaques de laiton.

toile métallique horizontale, en a disposé deux l'une au-dessus de l'autre; le grain séché d'abord en une couche moitié moins épaisse sur la toile supérieure, où la chaleur est moins intense, complète sa dessiccation sur la toile inférieure, où il tombe par une trappe s'ouvrant au milieu de la plate-forme.

MM. Lacombe et Persac ont construit, à Louvain, une étuve à dessiccation continue qui réunit les conditions favorables d'un effet gradué, de l'économie et de la rapidité. L'air chaud provenant d'un calorifère s'élève dans un bâtiment rectangulaire, en passant à travers une série de toiles métalliques couvertes de malt, disposées en plans inclinés, alternativement en sens inverse, et disposées de telle sorte qu'elles peuvent être mobilisées sur un axe fixé à leur partie supérieure. Cet arbre, mû par une machine, soulève et laisse retomber alternativement la partie inférieure, comme les tables à secousses des usines métallurgiques.

Dans d'autres systèmes, les toiles sont fixes, et l'orge, placée sur le plan incliné supérieur, est dirigée et étendue, à l'aide de râcloires, sur chacun des plans inclinés inferieurs, de sorte que l'orge la plus sèche, arrivant au bas de l'étuve, se trouve en contact avec l'air le plus sec et le plus chaud, tandis que l'air, avant de sortir par le sommet, passe sur l'orge la plus humide et peut la saturer d'eau. La dessiccation, sur les anciennes tourailles, emploie 1,200 kil. de coke pour 100 hectolitres de malt: sur les tourailles à plans inclinés on ne consomme, pour la même quantité, que 900 kil.

Une autre étuve, construite par les mêmes ingénieurs, a pour but le remplacement des calorifères par plusieurs rangées horizontales de tubes superposés, dans lesquels circule de la vapeur; l'air passant entre ces tubes s'échauffe, et l'on règle la température par l'introduction de la vapeur.

La durée de la dessiccation varie évidemment suivant les appareils; elle est beaucoup plus prompte lorsqu'elle est produite méthodiquement, puisqu'on ne risque jamais d'altérer le grain au commencement de l'opération. Dans les tourailles ordinaires elle dure ordinairement 48 heures. Quant à la température, elle varie suivant la nature du malt que l'on veut obtenir.

On distingue trois variétés principales de malt. Le *malt pâle,* qui est celui le plus généralement employé sur le continent, pour les bières foncées en couleurs, s'obtient à une température qui ne doit pas s'élever au-dessus de 40° à 50°; le *malt ambré,* de couleur jaune plus foncé, est obtenu à une température de 60° à 70°; enfin le *malt brun,* qu'on ne prépare guère qu'en Angleterre pour servir à colorer la bière dite de *porter,* demande qu'on élève la température de 100° à 130°, pour torréfier l'amidon et caraméliser la glucose et la dextrine.

Pendant la dessiccation de l'orge, les radicelles sont devenues cassantes, et, se séparant du grain, passent en partie à travers les toiles métalliques de la touraille d'où on les recueille. Ce qu'il en reste est enlevé soit par un tarare à brosse et à ventilateur, soit, comme cela se pratique encore dans certaines brasseries, en le piétinant sur un plancher immédiatement à la sortie des tourailles. Si l'on attendait quelques temps avant d'effectuer cette séparation, les radicelles reprendraient, avec un peu d'humidité, de la souplesse, elles se briseraient alors très-difficilement.

Les déchets de malt, les radicelles, sont désignés sous le nom de *touraillons;* ils contiennent des proportions notables de substances azotées et minérales favorables à la végétation, aussi sont-ils employés avantageusement comme engrais. Le malt, traité comme il vient d'être décrit, est alors tel que le livrent les mal-

tiers aux fabricants de Londres. Les brasseurs, en France, le préparent eux-mêmes et l'emmagasinent dans cet état.

Broyage ou mouture. — Cette opération ne doit être faite que quelques jours avant le brassage, de sorte qu'elle peut être comprise dans la fabrication proprement dite de la bière; mais cette distinction n'est réellement applicable qu'à l'Angleterre, puisque, comme nous l'avons dit, les brasseurs des autres pays préparent le malt qu'ils emploient.

Avant la mouture, on doit laisser le malt exposé pendant quelques jours à l'humidité de l'air, afin de rendre la pellicule du grain plus souple et par conséquent plus friable. Si le temps manque, on supplée à cette exposition à l'air par une aspersion de 3 à 5 centièmes d'eau sur le malt avant de moudre.

Les grains ne doivent pas être réduits en poudre, sans cela, lors du brassage, il se prendrait en une masse qu'il serait très-difficile de délayer et de dissoudre dans l'eau; au contraire, en le concassant simplement, l'eau pénètre dans les interstices que laissent entre elles toutes les parcelles du grain et son action est beaucoup plus active.

Différents appareils sont employés pour concasser le malt. En Hollande, en Belgique, en Allemagne, la plupart des brasseurs font encore la mouture aux meules horizontales; seulement, pour ne pas réduire le grain en farine, on a le soin de soulever un peu l'anille, de manière à ce que les meules soient suffisamment écartées. Quelquefois on fait usage d'appareils analogues aux moulins à café construits sur de grandes dimensions. Le système le plus répandu maintenant en Angleterre et en France est celui des cylindres horizontaux en fer et en fonte, tournant en sens inverse comme les laminoirs. Des lames d'acier s'appuient inférieurement sur chaque rouleau pour en détacher les matières qui adhèrent à leurs surfaces, et un troisième cylindre cannelé, placé au-dessous des deux autres, au bas de la trémie, sert à alimenter régulièrement.

Le malt broyé occupe environ le volume de un cinquième en plus de celui des grains avant la mouture.

DU BRASSAGE OU FABRICATION.

Le brassage ou la fabrication proprement dite de la bière comprend les manipulations suivantes : 1° la trempe ou saccharification; 2° la cuisson de la bière et son mélange avec le houblon; 3° la décantation ou filtration du moût; 4° le refroidissement; 5° la fermentation; 6° la clarification et le collage.

Trempe ou saccharification. — Cette première opération n'est autre que celle du *brassage*, dont la dénomination vient sans doute de ce qu'elle a été exécutée pendant longtemps à force de bras, d'où les noms de *brasseur, brasserie, brassin;* elle est destinée à extraire des grains non-seulement les matières solubles qu'ils renferment, mais encore toutes les matières susceptibles de le devenir par l'action combinée de l'eau, de la chaleur et de la diastase. Ce travail se fait ordinairement dans de grandes cuves en bois, dites *cuves-matières*, munies d'un double-fond percé d'un grand nombre de trous. Ce faux fond, destiné à supporter l'orge tout en facilitant l'introduction et l'écoulement du liquide, est placé à une faible distance au-dessus du fond; dans l'intervalle sont adaptés le robinet de vidange et un tube d'arrivée d'eau chaude. Un couvercle en bois en partie mobile ferme à volonté la cuve.

On verse le malt sur le faux fond, dit M. Payen, que nous continuerons à suivre, on fait arriver au-dessous dans la cuve de l'eau à 60°, une fois et demie le poids du malt employé, et l'on brasse le mélange. Ce travail fait à bras est produit à l'aide d'ustensiles appelés *fourquets*, sortes de fourches dont les dents courbes se réunissent au bout; mécaniquement c'est au moyen des *moulinets-brasseurs;* les uns sont formés de tiges ou palettes en métal montées sur un axe en fer qui tourne autour d'un axe central à la cuve, animé lui-même d'un mouvement de rotation relativement assez rapide que lui communique un moteur quelconque (1) ; les autres, au lieu de remuer la matière circulairement, la brassent de haut en bas et de bas en haut par le mouvement de rotation sur lui-même d'un arbre horizontal armé de bras en fer, qui ont en même temps un mouvement de translation circulaire autour de la circonférence.

Quelle que soit la cuve-matière dont on fait usage, dès que la *trempe préparatoire* est terminée, c'est-à-dire quand toutes les matières sont imbibées d'une certaine quantité d'eau tiède et que le mélange est reconnu assez homogène, on fait couler alors dans la cuve une nouvelle quantité d'eau à 90°, jusqu'à ce que la température du mélange soit portée à 70°. On brasse encore, puis on ferme la cuve, et on laisse la réaction se continuer pendant trois heures environ. Au bout de ce temps, la diastase développée dans le grain par la germination a transformé en dextrine et en glucose la plus grande partie de la matière amylacée. Le liquide ainsi obtenu par cette *première infusion* prend le nom de *moût*. On le soutire de la cuve-matière dans un réservoir (cuve plus petite nommée *reverdoire*), d'où il est monté, par une pompe ou un monte-jus, dans un réservoir supérieur, afin d'être distribué dans les chaudières où doit se faire la décoction du houblon.

Dès que l'écoulement de la première infusion est terminé, laquelle a enlevé au malt environ 0,6 de la matière sucrée qu'il peut fournir, on introduit dans la cuve-matière, pour une *deuxième infusion*, une quantité d'eau à 90°, des deux tiers ou de la moitié moindre que celle employée précédemment. Un nouveau brassage, puis un repos d'une heure environ, complètent la saccharification, et le moût soutiré est réuni au premier dans la chaudière à houblon.

On passe quelquefois à une *troisième infusion*, en procédant comme pour la deuxième, puis on achève dans tous les cas l'épuisement du moût avec de l'eau chaude de 80° à 90°, de façon à élever la température du mélange à 75° ou 76°; le produit sert ordinairement à la préparation de la petite bière.

On peut juger de la qualité de l'orge et des soins apportés dans toutes les parties de l'opération par les quantités d'extrait obtenu : les meilleures qualités d'orge anglaise ont fourni 0,45 à 0,46 correspondant à 0,58 ou 0,60 du poids du malt. En France et en Belgique, on obtient rarement plus de 0,40 du poids de l'orge correspondant à 0,533 du poids du malt.

Le malt épuisé et bien égoutté, que les brasseurs nomment *drêche*, s'emploie dans l'alimentation des animaux, et notamment des vaches laitières. Il renferme une partie des matières azotées et grasses, des phosphates de magnésie et de chaux, souvent encore de l'amidon, et le tissu organique du grain. La grande

(1) Dans le vol. XXII du *Génie industriel* nous avons donné le dessin d'un bon modèle de *moulinets-brasseurs* établi par M. Weinberger, ingénieur, dans la brasserie de M. Malengreau, à Ghislain.



proportion d'eau (45 à 50 p. 100) qu'il retient et le défaut de sels solubles nécessitent l'addition d'aliments secs (son, foin, paille) et d'un peu de sel marin.

Cuisson de la bière. — La cuisson de la bière a principalement pour but d'obtenir dans le moût une infusion de houblon qui, en lui cédant ses principes solubles, rend sa conservation facile et lui communique une saveur amère et fortement odoriférante. Les bières fortes reçoivent généralement plus de houblon que les légères, les bières brunes que les blanches, et les bières de garde que celles qui doivent être consommées jeunes.

Aussitôt que dans la chaudière il y a une suffisante quantité de moût pour qu'on puisse chauffer sans danger de le brûler, on allume le feu ou l'on fait arriver la vapeur, selon le mode de chauffage adopté, et l'on élève assez rapidement la température en ayant le soin de bien faire plonger le houblon dans le liquide, ce que l'on fait avec des râbles ou des fourches, ou encore avec des moulinets mécaniques placés au centre de la chaudière, comme cela se pratique dans certaines fabriques; mais on ne le porte généralement pas à l'ébullition avant que la seconde infusion ou trempe ne soit réunie à la première dans la chaudière.

Dès que les deux premières trempes sont réunies, on pousse le feu ou la vapeur, et on leur fait subir une ébullition de deux à quatre heures et plus, tantôt vive et courte, tantôt longue et faible, et souvent longue et forte en même temps, suivant que l'on brasse des bières blanches, jaunes ou brunes.

Les dernières trempes extraites de la cuve-matière servent ordinairement, comme il a été dit, à préparer une seconde qualité de bière, et subissent aussi une ébullition plus ou moins longue dans une seconde chaudière où l'on ajoute une faible proportion de houblon lorsqu'on y verse le moût, ou immédiatement après.

Décantation ou filtration du mout. — Quand la décoction du houblon est terminée, on soutire le liquide par un large robinet placé à la partie inférieure de la chaudière de cuite et on le fait couler dans les bacs à filtration, qu'on nomme généralement dans les brasseries *bacs à houblon*. Ces bacs sont communément en bois, munis d'un double-fond percé d'une infinité de petits trous comme ceux des cuves-matières; pour plus de simplicité, quelques brasseurs se servent des bacs refroidisseurs, en retenant le houblon dans la chaudière au moyen d'une pomme d'arrosoir placée dans la douille qui fait corps avec le robinet de décharge.

En Angleterre, les bacs à houblon sont généralement en fonte, à double fond et d'une forme rectangulaire; leur capacité doit être, dans tous les cas, au moins égale à celle de la plus grande chaudière, afin de pouvoir y vider complétement celle-ci en une seule fois pour laisser reposer le moût. Un repos d'une heure dans ces bacs suffit le plus ordinairement.

Refroidissement du mout. — En sortant des bacs à repos, le moût houblonné se trouve encore à une haute température qui varie entre 70° et 80°; il est indispensable d'abaisser cette température pour lui faire éprouver la fermentation alcoolique qui doit compléter sa transformation en bière usuelle. Or donc, avant de le faire passer aux *cuves de fermentation*, il faut le refroidir le plus rapidement possible afin d'éviter qu'il ne s'altère.

Ce refroidissement s'obtient de deux manières, soit en exposant simplement le moût à l'air libre, soit en profitant, pour obtenir plus rapidement l'abaissement de la température, de la grande capacité calorifique de l'eau froide.

Le premier procédé, le plus ancien et encore le plus généralement employé, s'opère au moyen de bacs réfrigérants, ou la couche de liquide n'a pas plus de 0^m15 de hauteur ; ces bacs sont placés dans de vastes greniers entourés de persiennes, afin que l'air y circule librement. Dans un temps favorable, en été et en automne, lorsque l'air est le plus habituellement sec, la durée du refroidissement est de six ou sept heures ; mais dans des circonstances moins bonnes, quand l'air est saturé d'humidité, elle est de douze à quinze heures.

Les réfrigérants à eau froide que l'on a imaginés pour remplacer l'action longue, incertaine et variable de l'air, sont nombreux. En principe, ces appareils sont formés de conduits concentriques ou rectilignes en serpentin, dans lesquels l'eau froide circule en sens inverse du liquide chaud, de manière à donner lieu à un échange de température. Les réfrigérants, quels qu'ils soient, doivent toujours être faciles à nettoyer, afin qu'on ne soit pas exposé à y laisser séjourner une certaine quantité de moût ou les matières organiques que dépose ce liquide. Il faut donc avoir grand soin de laver à l'eau bouillante après chaque opération, afin d'éviter des dépôts qui pourraient compromettre et souvent causer la perte des brassins postérieurement versés sur ces bacs.

Fermentation. — La fermentation du moût est une opération par laquelle les éléments sucrés se transforment, tout ou en partie, en alcool et en gaz acide carbonique sous l'influence du ferment, du calorique et de l'eau. La fermentation se fait ordinairement en deux opérations; la première a lieu dans la cuve *guilloire*, et la seconde dans des tonneaux plus petits où il est plus facile de modérer la température, qui s'élève considérablement pendant la fermentation.

On détermine la fermentation en ajoutant au moût une quantité de levure qui varie, suivant la saison, de 2 à 4 kilog. par 1,000 litres. La levure que l'on emploie doit provenir d'une bière de même sorte, préparée dans une opération précédente; on la mélange d'avance avec une certaine quantité de moût, on laisse dans un lieu chaud jusqu'à ce qu'il y ait commencement de fermentation, on la verse dans la cuve et on remue vigoureusement, de manière à la répartir dans la masse entière du liquide.

La quantité de levure de bière obtenue pendant la fermentation, est cinq ou six fois plus considérable que celle qui a été employée pour la déterminer; elle se compose de deux parties, l'une qui se maintient au sommet du liquide, et qui forme la levure écumeuse, l'autre plus lourde se précipite au fond de la cuve guilloire. La levure en excès, lavée, puis fortement comprimée dans des sacs en toile, est vendue pour être livrée en détail aux boulangers, fabricants de liqueurs, etc. Aussitôt après l'addition de la levure, on ferme la cuve avec un couvercle, en réservant à celui-ci une bonde à soupape qui laisse échapper l'acide carbonique sans donner accès à l'air.

L'atelier de fermentation doit être clos et maintenu à une température bien régulière, voisine de 20°. On y ménage un courant d'air afin d'enlever l'acide carbonique qui se dégage et qui pourrait compromettre la santé des ouvriers.

La première fermentation se termine dans un espace de vingt-quatre à quarante-huit heures. Pendant sa durée, il se produit une grande quantité d'écume que, dans quelques brasseries, l'on fait passer par-dessus les bords échancrés de la cuve pour être conduite, au moyen d'une rigole, dans un caniveau commun à deux rangées de cuves; ce niveau en pente dirige l'écume vers un récipient

spécial. On entretient les cuves pleines au moyen d'un réservoir supérieur dans lequel une pompe déverse le liquide clair séparé de l'écume.

Le liquide est soutiré, et la fermentation est achevée dans des tonnes plus petites qui permettent plus aisément de régler ses progrès et où elle s'achève, pour les bières dont la consommation doit s'effectuer rapidement, en trente ou trente-six heures, tandis que pour les bières de garde on la ralentit de façon à la faire durer quelquefois des semaines entières; mais communément la durée de cette opération chimique varie de deux à six jours.

L'opération du transvasement du moût pendant la fermentation se désigne sous le nom de *guillage;* les tonnes qui le reçoivent sont munies en dessus de larges bondes qui servent à écouler la levure au fur et à mesure qu'elle se forme, et à laver ces vases lorsqu'ils sont placés dans les celliers dits *entonneries*, où ils sont disposés, rapprochés les uns des autres, de manière à recueillir aisément la levure qui en sort et les remplir de nouveau lorsqu'une partie du liquide s'en est écoulée par la fermentation.

Clarification et collage. — Les bières faibles que l'on prépare à Paris, s'expédient chez le consommateur immédiatement après que la fermentation est terminée; on bouche les quarts au moyen d'une bonde qu'on lute avec de la terre glaise. Mais cette bière que l'on a obtenue par une fermentation très-rapide, contient en suspension des matières étrangères qui la rendent trouble, et que l'on doit enlever par une clarification instantanée; cela est nécessaire parce que ces bières ne peuvent se conserver plus de six semaines. Cette clarification se fait généralement chez le consommateur; elle est basée sur l'emploi de colle de poisson que l'on prépare, à cet effet, de la manière suivante :

Après l'avoir humectée, on l'écrase sous le marteau, puis on la met tremper dans de l'eau pendant douze ou vingt-quatre heures, en renouvelant l'eau deux ou trois fois en hiver et quatre ou cinq fois fois en été. On la malaxe ensuite fortement avec dix fois son poids de vieille bière tournée à l'acide, qui facilite sa division en la gonflant; on étend la gelée transparente qui en résulte avec une bière légère et on passe le tout à travers un linge ou un tamis très-fin, qui retient le grumeau. On ajoute un dixième d'alcool ou un vingtième d'eau-de-vie si on veut conserver ce mélange quelque temps, quinze à vingt jours en été, cinq à six semaines en hiver.

Lorsqu'on veut opérer la clarification, on mêle bien cette colle en gelée, dite *ichthyocolle*, avec deux ou trois fois son volume de bière; à cet effet, on la bat fortement avec un petit balai en osier, à brins très-écartés, puis on verse la mixtion dans la pièce à clarifier, et l'on mélange bien en fouettant vivement la bière avec un petit faisceau de baguettes, après quoi on bouche la tonne et on laisse reposer six à huit jours, pendant lesquels la clarification s'opère par dépôt. Les proportions d'ichthyocolle doivent varier selon les qualités et les espèces de bières, mais elles sont généralement comprises entre un et trois décilitres par hectolitre.

Les renseignements généraux qui précèdent, et que nous avons empruntés, comme nous l'avons dit, à la *Chimie industrielle* de M. Payen et au *Traité* de M. Lacambre, permettront de suivre plus aisément la série des opérations effectuées dans la brasserie de M. Boucherot, et aussi de mieux apprécier les nouvelles dispositions des appareils spéciaux qui,

installés depuis quelques années seulement par MM. Séraphin frères, donnent les résultats les plus satisfaisants.

DESCRIPTION DE LA BRASSERIE

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 5 DES PL. 36 ET 37.

La fig. 1re de la pl. 36 est un plan général, suivant une section faite par la ligne 1-2, à la hauteur du rez-de-chaussée, des bâtiments consacrés à l'ensemble de la fabrication, comprenant le malt, la cuisson du moût, la fermentation de la bière, l'entonnerie, etc.

La fig. 2 est une section verticale faite suivant le sens de la longueur des mêmes bâtiments, par la ligne 3-4 du plan.

Ces deux figures sont dessinées à l'échelle de 1/400 de l'exécution.

Les fig. 3, 4 et 5 de la pl. 37, représentent à une échelle double des figures précédentes, c'est-à-dire à 1/200, la portion des bâtiments plus spécialement attribuée à la fabrication proprement dite de la bière ; la fig. 3 étant une section horizontale faite à la hauteur de la ligne brisée 5-6-7-8, la fig. 4 une section transversale suivant 9-10, et enfin la fig. 5 une coupe longitudinale par la ligne 11-12.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES DE LA BRASSERIE.

L'entrée principale de la brasserie de M. Boucherot se trouve, comme nous l'avons dit, sur le quai du grand bras de la Seine, non loin du pont de Neuilly ; une large porte, flanquée de deux bâtiments servant de bureaux et d'habitation, donne accès dans une grande cour où les chariots pénètrent pour enlever les gros tonneaux remplis de bière et les conduire aux caves qui sont situées un peu plus loin, avenue du pont de Neuilly, dans la direction de Courbevoie.

Disons de suite que ces caves, au nombre de douze, sont très-bien construites ; elles ont 20 mètres de profondeur et peuvent contenir chacune douze cents hectolitres de bière ; elles donnent toutes dans une galerie de 27 mètres de longueur, munie de rails. Au-dessus, de niveau avec l'avenue de Courbevoie, une cour les recouvre, c'est par là que les tonnes montées sur train arrivent, et leur contenu, d'abord versé dans une première cuve surélevée où il séjourne quelque temps, est ensuite réparti dans les foudres qui garnissent des deux côtés les caves inférieures sur deux rangées parallèles.

En contre-bas de ces caves est creusé un grand bassin plein d'eau, qui, l'hiver, fournit la glace pour remplir des glacières pratiquées entre chaque cave afin de maintenir en toute saison la bière à une basse température. Dans ce but, les portes qui font communiquer chaque cave avec la galerie sont hermétiquement closes, et les glacières qui les séparent sont fermées à leur ouverture par des sacs de laine ; la galerie

elle-même est cloisonnée par des portières qui se referment derrière les sommeliers.

Dans la cour d'entrée de la brasserie, en face de la porte principale se trouve la grande salle ouverte A (fig. 1, 4 et 5), qui sert à l'em-sage des tonnes et au-dessus de laquelle sont montés les appareils de fabrication : cuves-matières, chaudières de cuites à évaporer, etc., et

A droite de la cour d'entrée un petit bâtiment sert d'écurie, et à gauche se trouve la tonnellerie et un petit atelier de réparations. Latéralement à l'usine, une rue perpendiculaire au quai laisse arriver les charrettes qui apportent l'orge et les autres ingrédients dans une cour moins vaste B (fig. 1) qui existe par derrière.

Derrière cette cour se trouve un jardin; sur l'un des côtés, un bâtiment B′ à trois étages avec sous-sol, et dont les planchers sont supportés par des colonnes *b*, afin que chaque étage ne présente qu'une seule et vaste chambre destinée à recevoir l'orge que l'on y dépose pour germer. A droite de la porte d'entrée, une sorte de hangard C sert de f... à charbon et, sur le devant, une salle fermée C′ est utilisée comme remise de voitures; le rez-de-chaussée du bâtiment de gauche est disposé pour servir à la fois de logement au concierge, de petite remise, et, par derrière, d'écurie pour quatre chevaux.

Près de la remise, un escalier *c* donne accès aux étages supérieurs qui servent de magasins à l'orge non germée. Non loin de cet escalier une porte *c′* permet de pénétrer dans une galerie D, qui n'a pas moins de 40 mètres de longueur, sur 4^{m} 20 de largeur; cette galerie sert d'entonnerie et est pourvue à cet effet des tonnes verticales D′, qui reçoivent la bière en fermentation que l'on extrait des cuves E′ logées dans les deux chambres E, lesquelles sont en communication par les deux portes *e* avec ladite galerie. Celle-ci, par la porte *d′*, débouche dans la salle A donnant dans la cour d'entrée, dispositions qui permet un service facile pour le soutirage de la bière des tonnes de fermentation dans les tonneaux destinés à transporter la bière aux celliers de l'avenue du pont de Neuilly.

Parallèlement à l'entonnerie, mais longeant le mur opposé à celui des chambres de fermentation, règne un couloir ou corridor F dans lequel débouchent les portes des quatre germoirs voûtés F′, qui sont précédés d'un germoir plus grand en sous-sol G dans lequel on descend par l'escalier *e*.

On arrive à cet escalier par un couloir G′ dont la porte se trouve dans la cour d'entrée, et qui est en communication par les baies *e′* avec la grande salle A, de telle sorte que l'on peut se rendre et transporter les produits de cette cour dans celle de derrière et *vice versa*, soit en suivant les couloirs G′ et F et le passage *f*, dans lequel deux cuves-mouilloires *f′* ont été installées, soit en parcourant la galerie de l'entonnerie.

Par le couloir G on se rend aussi dans la chambre du moteur à va-

peur *g*, qui est éclairée par une large ouverture vitrée du côté de la cour, et isolée du mur principal par une petite cour *g'*. De même pour la chambre des générateurs H, qui forme à elle seule un petit bâtiment couvert, comme on le voit bien fig. 4, dans une petite cour, isolée du mur de clôture; le fourneau est construit en sous-sol, et l'on descend jusqu'aux portes des trois foyers par un escalier *h* précédé d'un large palier qui, par une passerelle légère *h'*, conduit sur le massif surmonté des trois dômes de prise de vapeur H', d'où partent les tuyaux qui conduisent la vapeur dans la boite de distribution de la machine motrice, aux cuves-matières et aux chaudières à évaporer.

Dans une petite cour carrée ménagée derrière la grande salle principale, s'élève la cheminée qui reçoit les produits de la combustion des trois foyers des chaudières et de deux fourneaux I, destinés au chauffage des tourailles dans lesquelles s'effectue la dessiccation de l'orge germée.

Ces tourailles, dans la brasserie de M. Boucherot, sont composées de trois chambres étagées I' (fig. 5) entièrement closes (on voit les portes *i* de ces chambres fig. 2), et dont chaque plancher est un tissu métallique soutenu par de petites solives de fer; au lieu de chauffer à feu nu, on a disposé sous la toile métallique des tuyaux en tôle recevant les produits de la combustion. Leur forme est prismatique de façon à présenter une arête et deux plans triangulaires inclinés, les germes et les poussières qui tombent à travers les mailles du treillage lorsqu'on remue l'orge à mesure qu'il se dessèche, ne peuvent donc séjourner sur ces prismes comme sur des cylindres.

Au-dessus de la grande salle principale A, se trouve la chambre dite de fabrication A', qui renferme les cuves-matières et les chaudières de cuisson, et qui n'a pas moins, comme la grande salle, de 17^{m}650 de longueur, sur 11^{m}250 de largeur; elle est aussi d'une grande élévation et couverte par une couverture légère en fer.

Les cuves-matières sont encastrées mi-partie dans l'épaisseur du plancher, et soutenues chacune par quatre colonnes en fonte *j* dont la base s'appuie sur le sol de la salle inférieure. Le plancher en fer et briques de celle-ci est lui-même supporté par deux rangées de colonnes en fonte *a* qui, plus nombreuses du côté des chaudières à évaporer, s'élèvent au-dessus du plancher pour soutenir une large plate-forme J établie à la hauteur des chaudières de cuite.

On arrive à cette plate-forme par un large escalier central J' (fig. 3 à 5), qui est comme celle-ci entièrement en métal poli et brillant, ainsi que les rampes latérales, dispositions qui rend le service commode, la propreté facile à entretenir et l'ensemble de l'atelier d'un très-bel aspect.

On se rend dans la chambre de fabrication par l'escalier K (fig. 1, 3 et 5) établi dans la petite cour occupée en partie par la cheminée et les fourneaux de la touraille. Cet escalier part du fond de la grande salle et, au moyen d'un palier, est dirigé à droite sur ladite chambre de fabrica-

tion, et, en tournant à gauche, vers la porte de la galerie K′ (fig. 3) qui contient des cuves-mouilloirs f^2.

On communique de cette galerie par l'escalier *k* avec la plate-forme des chaudières, et, par la porte *k′*, avec le premier étage du bâtiment de gauche où se trouvent les cuves *guilloires* L, qui reçoivent le moût sortant des chaudières de cuisson pour être ensuite versé dans les tonnes de fermentation logées directement au-dessous, au rez-de-chaussée.

Le deuxième et le troisième étage de ce même corps de bâtiment, dans lesquels on se rend par l'escalier *l*, contiennent les bacs refroidissoirs L′.

Maintenant que nous avons donné un aperçu sommaire des dispositions générales de la brasserie, nous allons entrer dans la description détaillée des divers appareils employés; nous suivrons l'ordre de la fabrication qu'il nous suffira, du reste, de rappeler puisque déjà nous en avons fait connaître les principaux éléments.

CUVES-MOUILLOIRS, GERMOIRS, TOURAILLES, BLUTOIR ET CONCASSEUR.

L'orge apportée dans des sacs, élevés au moyen d'un *tire-sac* mécanique dans les greniers, est passée tout d'abord dans le tarare M (voyez fig. 2, pl. 36), d'où elle sort convenablement nettoyée et purgée de toute matière étrangère, dans une vis sans fin *m* qui, par l'élévateur à godets *m′*, et la vis supérieur m^2, la conduit dans le magasin situé à l'étage B^2.

Cuves-mouilloirs. — Au fur et à mesure des besoins on porte cette orge dans les bacs en tôle *f′* et f^2, dits *cuves mouilloirs*, que l'on a le soin d'entretenir dans un état de propreté parfaite par des lavages après chaque opération. On renouvelle l'eau deux ou trois fois le premier jour, et, s'il y a lieu, une ou deux fois le second et le troisième jour. Les grains sont suffisamment imbibés lorsqu'ils se plient facilement par le milieu sans se rompre; ils sont alors propres à germer.

Germoirs. — La germination a lieu dans les celliers F′ et G, vastes souterrains voûtés de 20 mètres de longueur, bien dallés et parfaitement cimentés; comme annexe, les trois étages du bâtiment B′ (fig. 1 et 2) servent au même usage, ce qui porte le nombre des germoirs à huit, lesquels permettent de traiter à la fois 213 sacs d'orge; la température est maintenue autant que possible à 10° Réaumur. Sur l'aire de ces germoirs, l'orge primitivement égouttée, est étalée en couches de moins en moins épaisses à mesure que le grain germe le plus rapidement.

C'est l'instant délicat de la fabrication du malt; le grain est surveillé soigneusement et retourné deux ou trois fois par jour. En quatre ou cinq jours la diastase est produite. La plupart des grains ont alors quatre ou cinq radicelles, et le gonflement à la plumule saillie sur les deux tiers environ de la longueur. Cependant M. Boucherot a reconnu qu'en ralentissant la germination, au point de ne la faire opérer qu'après un séjour

de douze ou quinze jours au germoir, il obtenait un malt d'une qualité supérieure, aussi s'est-il arrêté à ce dernier terme.

Tourailles. — Après un séchage, vingt-quatre heures environ dans de vastes greniers bien aérés, on pousse le grain portant encore son germe dans les étuves I', dites tourailles, dont nous avons parlé plus haut et qui présentent environ 80 mètres de superficie ; elles sont chauffées par les deux calorifères I (fig. 3 et 4,) et, en outre, par la chaleur perdue des générateurs. La température de l'étage supérieur est maintenue à 45°, tandis que celle inférieure peut s'élever jusqu'à 70°. Plus l'orge est humide, plus la dessiccation doit être conduite avec ménagement pour éviter la formation de l'empois. La coloration du malt, comme on l'a vu, est d'autant plus foncée que l'orge a été soumis à une température plus élevée, d'abord pâle 50°, puis ambrée 70° environ, elle peut devenir brune par l'augmentation de ce degré, la coloration demandée pour la bière sert de règle à cet égard.

On retourne l'orge deux ou trois fois à chaque étage, et on la fait descendre par des trappes disposées dans l'épaisseur de chaque plancher. La durée du touraillage est de vingt-quatre à trente heures.

Toutes les manipulations des grains se font au moyen de coffres ovales basculant sur un galet dépassant un peu une partie plate qui peut soutenir le coffre vertical pendant qu'on le charge ; la plus légère inclinaison change ce coffre en brouette, en faisant porter le poids sur le galet ; en donnant une secousse en sens inverse, le poids du grain fait basculer l'appareil qui se vide en culbutant sur ses flancs cintrés.

Blutoir. — De la touraille, l'orge est entassée sur le plancher de l'étage B^3, et là on la déverse dans l'auge d'une vis sans fin *n* (fig. 2 et 3) en communication par son autre extrémité avec la chaîne à godets n', celle-ci l'élève dans la vis supérieure n^2, qui, enfin, en alimente l'appareil blutoir N, destiné à la débarrasser des radicelles ou *touraillons* qui y sont encore attachés, et qui forment en poids 6 ou 7 p. 100 vendus comme engrais.

Concasseur. — Tout près de ce blutoir sont disposés deux petits moulins à cylindres horizontaux N', à rayures obliques assez serrées, dont l'un marche un peu plus vite que l'autre, de façon à écraser légèrement l'orge sans en séparer l'écorce. Par des conduits *o*, l'orge ainsi concassée, et qui, dans cet état, n'est autre que le *malt* proprement dit, descend à l'étage inférieur (comme on le voit fig. 1), dans un sac placé sur le plateau d'une romaine ; ce sac, lorsque le poids voulu est complété, est remplacé immédiatement par un autre, et ainsi de suite.

Nous décrirons plus loin les dispositions de la transmission de mouvement qui actionne mécaniquement tous ces appareils.

CUVES-MATIÈRES, CHAUDIÈRES DE CUITE ET ACCESSOIRES.

Nous arrivons maintenant à la description des appareils dans les-

quels s'effectue la fabrication proprement dite de la bière, et qui sont principalement les cuves-matières et les chaudières de cuite.

Les fig. 3, 4 et 5 de la pl. 37, montrent les dispositions d'ensemble de ces appareils réunis.

Les fig. 6 et 7 de la pl. 36 représentent, en section verticale et en plan, à l'échelle de 1/50, une des cuves-matières, la plus grande;

Les fig. 8, 9 et 10 sont des détails agrandis (à 1/10) de divers assemblages de cette même cuve.

La fig. 11 de la pl. 37, est une section verticale de la grande chaudière de cuite, dite à évaporer;

Les fig. 12 et 13, des détails à une plus grande échelle de cette chaudière.

Cuve-matière. — Comme on le voit, sur les figures d'ensemble, il y a deux cuves-matières de construction identique, mais d'inégales dimensions, quant au diamètre; la plus grande, dessinée en détails, fig. 6 à 10, peut contenir 175 hectolitres, sa surface de chauffe étant de 17^{mq} 200, tandis que l'autre ne contient que 134 hectolitres.

Elles sont composées chacune d'une première capacité cylindrique en tôle de fer O, de 10 millimètres d'épaisseur, et de 1^{m} 400 de hauteur, ouverte en dessus. Le fond est pourvu d'une plaque centrale *o* (fig. 7 et 8), en cuivre rouge, percée d'une grande quantité de petits trous coniques.

Une enveloppe à double fond O′ entoure la cuve sur la moitié de sa hauteur environ. C'est dans cette enveloppe que, par le tuyau *o′*, arrive la vapeur destinée au chauffage, laquelle s'échappe ensuite après s'être en partie condensée par le tube o^2, muni d'un robinet avec soupape de retenue O^2, d'une disposition semblable à celle du robinet destiné au même usage de la chaudière de cuite, et qui est représenté en détail, fig. 13.

L'enveloppe et le double fond sont en tôle, et, comme la cuve, ont 10 millimètres d'épaisseur, renforcés tous deux par deux cornières en fer *p* qui, en outre, réunissent les deux parties demi-cylindriques dont l'appareil est formé; des tasseaux en fer *p′* (fig. 10) sont interposés entre les deux parois pour en maintenir l'écartement et empêcher leur déformation sous la pression de la vapeur.

Le centre de cette cuve est occupé par l'arbre vertical P qui, reposant sur une crapaudine p^2 boulonnée au faux fond (fig. 8), est maintenu par un collet ménagé à cet effet au milieu de la traverse en fonte P′, boulonnée par ses deux extrémités sur la cornière qui raidit le bord supérieur de la cuve.

Cet arbre est animé d'un mouvement de rotation au moyen de la paire de roues d'angle Q, actionnées elles-mêmes par la poulie P^2 fixée sur l'arbre horizontal du pignon, et à côté de laquelle est montée folle une seconde poulie, qui permet d'interrompre le mouvement en fai-

sant glisser la courroie sur sa circonférence, au moyen d'une fourchette d'embrayage que l'on manœuvre à l'aide d'une tige à vis et de la manivelle *q*.

Sur l'arbre P est montée la douille *q'* qui porte les deux palettes Q', obliquées inversement, et au moyen desquelles s'effectue le brassage ; mais comme ces palettes en tournant ne feraient qu'entraîner le liquide dans un mouvement giratoire, deux grilles Q^2, que l'on peut développer plus ou moins, à volonté, sur leurs charnières q^2, et que l'on arrête au moyen de chaînes, forment des obstacles sur lesquels le flot vient se briser en produisant des remous utiles à la perfection du malaxage.

Bien que toute la masse du liquide et des matières solides qu'elle tient en suspension se trouve en mouvement par l'emploi combiné des palettes rotatives et des grilles, il est utile, pour assurer le brassage de tous les points, d'agiter circulairement toute l'épaisseur de la couche.

Ce résultat est obtenu en rabattant les grilles contre la paroi interne de la cuve, et en faisant monter puis descendre graduellement les palettes le long de l'arbre vertical P, à l'aide du grand volant horizontal R.

Voici alors ce qui se produit lorsqu'on agit sur ce volant : on fait tourner une vis *r* (voyez le détail fig. 8), au sommet de laquelle il est claveté, et qui est logée dans l'intérieur dudit arbre, creusé d'une rainure longitudinale à cet effet ; cette vis traverse un écrou en bronze *r'* fixé dans le moyeu *q*, aux bras duquel sont boulonnées les palettes Q'; alors, naturellement, celles-ci montent ou descendent suivant que l'on a tourné la vis à droite ou à gauche.

L'opération du brassage dans cette cuve où se fait la saccharification des parties amylacées, sous l'influence de la diastase développée par la germination, est conduite de la manière suivante : le soir on verse le malt contenu dans des sacs, on l'immerge dans l'eau froide et on brasse pour donner de l'homogénéité au mélange.

Le lendemain matin on procède à la *trempe à l'eau chaude;* on fait arriver par le tuyau V' (fig. 6), à travers la plaque perforée *o* du faux fond, de l'eau chaude, et l'on fait ensuite arriver de la vapeur jusqu'à ce que la masse atteigne 47°, et on brasse ou vague en même temps pour empêcher la chaleur de saisir la farine. Cette eau chaude additionnée à celle versée la veille complète la totalité à employer ; leur volume est double de celui de la bière marchande ordinairement obtenue.

Après quelques heures de brassage, au moyen de l'une ou de l'autre des deux pompes *s* (fig. 3 à 5), on élève le moût dans les chaudières de cuite où on lui fait subir une première ébullition, puis on le fait retourner à la cuve-matière ; il y subit une *première trempe épaisse,* on vague en maintenant la température à 53° ; la pompe le remonte de nouveau et, après une deuxième ébullition, on passe à la *deuxième trempe épaisse,* celle-ci à la température de 65°.

Après un repos d'un quart d'heure, on remonte encore le liquide, que

l'on fait bouillir de rechef, puis on procède à une *troisième trempe* dite *épuratoire,* que l'on opère avec un brassage à fond, à la température de 75°.

Le moût tiré au clair tombe dans la *cuve reverdoir* R^2. Le malt resté dans la cuve est mouillé de nouveau et cette dernière trempe sert à faire la petite bière ; ce jus peu riche pourrait aussi être distillé.

Nous ferons remarquer ici que ce qui distingue particulièrement la fabrication de la bière dite de Bavière des autres fabrications, c'est que dans celles-ci on ne fait cuire que le moût débarrassé du malt, tandis que, comme on l'a vu dans les opérations que nous venons de décrire, on fait cuire dans la chaudière une partie du malt contenu dans la trempe. Cette cuisson, qui reçoit le nom de *dickmaisch* (cuite à malt trouble), permet d'obtenir des bières à la fois plus alcooliques et plus moelleuses.

Ce mode de fabrication met dans la nécessité de remuer continuellement les matières, et malgré toutes les précautions possibles, si les chaudières étaient chauffées à feu nu, il serait bien difficile de maintenir la température au degré convenable, et le moindre coup de feu pourrait altérer le moût. Les chaudières chauffées à la vapeur par un double fond évitent cet inconvénient. La cuve-matière disposée comme on l'a vu, permet de conduire chaque trempe au degré de température convenable, et l'importante opération du *dickmaisch* peut ainsi se faire complète et non partielle, sans interrompre le mouvement du moulinet-brasseur.

Quelques essais avaient été successivement tentés dans ce but : 1° avec des chaudières chauffées au moyen d'un serpentin, mais la difficulté du nettoyage rendait ce procédé impraticable, dans cette manipulation où la propreté est une des conditions de la réussite ; 2° avec les chaudières chauffées à la vapeur au moyen d'un double fond, mais ces chaudières étaient à échappement libre, et la déperdition du charbon augmentait la consommation du charbon dans de trop grandes proportions.

Le problème consistait à réunir la propreté et l'économie du combustible; c'est ce qui a été atteint par les dispositions de la cuve-matière décrite et par celles des chaudières de cuite à évaporer.

Chaudières de cuite. — Par les fig. 3 et 5, pl. 36, on voit que ces chaudières sont groupées pour desservir par paire les deux cuves-matières. Les plus petites ont une contenance réelle de 4550 litres, mais elles ne sont jaugées qu'à 35 hectolitres, et leurs surfaces de chauffe est de 5^{mq}25; le volume total des grandes est de 8116 litres, et la surface de chauffe de 8^{mq}10, leur jauge est de 64 hectolitres.

Ainsi 35 et 64 hectolitres sont les capacités reconnues par l'administration de la régie, la hausse ou le cordon *s'* de chaque chaudière S, n'est pas compris et est toléré pour remplacer les réserves (1).

(1) « L'industrie de la brasserie, dit M. J.-A. Barral, dans un article du *Journal d'agriculture pratique* sur la brasserie de M. Boucherot, est encore régie par la loi du

Ces chaudières, qui sont en cuivre rouge, sont exécutées chacune en deux parties; l'une, la calotte sphérique, a 11^{mill} 5 d'épaisseur pour le grand modèle et 10^{mill} 5 pour le petit, et est enveloppée par le faux fond S', qui a 32 millimètres d'épaisseur. Celui-ci est fondu avec une tubulure sur laquelle vient se fixer la soupape en bronze S^2 (fig. 11 et 12), par laquelle on fait arriver la vapeur venant du générateur; sa sortie, après qu'elle a transmis la plus grande partie de son calorique à la chaudière, a lieu par une tubulure inférieure munie d'un robinet à soupape s^2 (fig. 11 et 13), laquelle, lorsque la clef est ouverte, se soulève sous la pression d'une quantité que l'on règle à volonté au moyen d'un bouchon à vis disposé directement au-dessus de ladite soupape.

Au-dessus de l'enveloppe en fonte, la seconde partie de la chaudière qui est reliée à la première par son rebord et un cercle en fer boulonné avec la bande en fonte (voir fig. 12), n'a, ainsi que le cordon *s'*, que 3 millimètres d'épaisseur, ce qui est suffisant puisqu'il ne reçoit pas la pression de la vapeur. Cette partie est entourée par des douves en bois avec garnitures non conductrices interposées, afin d'empêcher la déperdition de la chaleur. Le fond et le faux fond sont percés pour opérer la vidange, qui s'effectue par le tuyau en cuivre T adapté à la tubulure, et muni d'un robinet *t* que l'on ouvre en temps opportun.

Chaque chaudière se ferme par un couvercle en cuivre T', de 2^{mill} 5 d'épaisseur, qui communique avec une cheminée T^2 destinée à l'appel des vapeurs, et le long de laquelle peut glisser librement un fourreau *t'* faisant corps avec ledit couvercle ; son soulèvement et sa descente sont facilités par un système de suspension au moyen de chaînes qui, passant sur des galets t^2, portent à leurs extrémités des contre-poids lui faisant équilibre. Un cadre en fer, soutenu par de petites colonnes en fonte, supporte les axes desdits galets.

Comme nous l'avons expliqué plus haut, c'est dans ces chaudières que l'on produit l'ébullition après les trempes successives dont il a été question, et qui se terminent par le tirage au clair du moût que l'on fait écouler dans la cuve reverdoir R^2.

Pompes et accessoires. — Au fur et à mesure de son écoulement, la pompe *s* monte à nouveau ce moût clarifié dans la chaudière préalablement nettoyée, et on l'y fait bouillir encore, mais cette fois deux, trois ou quatre heures, avec le houblon; celui-ci dans la proportion, pour la fabrication qui nous occupe, de 2 kilog. pour 100 kilog. de malt.

28 avril 1816. D'après cette loi, le droit est à payer sur la contenance de la chaudière. Il en résulte que, pour que les intérêts ne fussent pas lésés, les brasseurs devaient conserver du bouillon d'orge pour remplacer l'évaporation produite par la cuisson. Cette réserve se faisait dans un vase spécial et le bouillon était susceptible de s'altérer. Depuis quelques années les brasseurs ont été autorisés à souder à la chaudière une hausse destinée à recevoir cette réserve, qui alors s'évapore continuellement pendant la cuisson; de là cette différence entre la capacité réelle et la jauge. »

Le moût est redescendu dans la cuve-matière, et, en passant entre le double-fond, se filtre au moyen de trous qui sont pratiqués dans le fond, puis, par le robinet r^2 (fig. 6 et 7) muni d'un flotteur qui arrête l'écoulement automatiquement au niveau voulu, se déverse dans la cuve reverdoire. La pompe correspondante *s* puise dans cette cuve et, par le tuyau *u* qui s'élève verticalement pour recevoir celui horizontal *u'* (fig. 4 et 5), monte le liquide dans les bacs raffraîchissoirs L' où, pour le ramener à la température ambiante, il reste jusqu'au lendemain matin.

Si on pouvait obtenir par tous les temps une température d'environ 8°, ce serait le résultat le plus satisfaisant. Nous avons parlé plus haut (page 416) des réfrigérants à eau froide : M. Boucherot étudie en ce moment les moyens d'employer le froid artificiel.

Le liquide houblonné refroidi est déversé dans les cuves *guilloires* L, grands bacs en tôle doublée de cuivre, dans lesquels on ajoute 3 ou 4 kilogrammes de levûre délayée pour 1000 litres, et la fermentation commence; lorsque l'on a reconnu qu'elle est bien réglée, on envoie le moût dans les tonnes de fermentation E', maintenues de 15° à 18°; l'été on a recours au refroidissement factice au moyen de serpentins E^2, disposés, comme on le remarque fig. 14, à l'intérieur des tonnes, et dans lesquels on fait circuler de l'eau de puits pour modérer la fermentation. C'est dans ces tonnes que la bière se fait pendant une huitaine de jours. Dans la vaste salle qui les enferme sont disposés encore d'autres tuyaux qui peuvent laisser échapper de cette même eau en pluie, afin de maintenir la température autant que possible à 12° environ.

La levûre se dépose au fond, puis on soutire le liquide pour l'envoyer dans les tonneaux D' (fig. 1), renfermés dans la grande galerie D, dite *entonnerie,* où la fermentation continue encore pendant huit jours. La bière dans cet état est transportée dans les caves où elle s'achève lentement dans un temps qui n'a pas de limite, mais qui pourtant ne doit pas être moins de huit jours. Lorsqu'on la juge suffisamment clarifiée et reposée, on la soutire dans de petits tonneaux nommés *quarts,* contenant cinquante ou soixante litres, assez solidement construits pour supporter une pression d'air comprimé. C'est en effet, par ce moyen, comme on sait, que des caves du limonadier elle remonte par des tuyaux jusqu'au robinet qui la verse directement dans les vases destinés aux consommateurs.

TRANSMISSION DE MOUVEMENT.

Pour que nos lecteurs puissent bien se rendre compte des dispositions spéciales de la brasserie, il ne nous reste plus qu'à faire connaître les organes qui transmettent le mouvement aux divers appareils que nous venons de décrire.

Disons d'abord que les trois générateurs H, à un corps cylindrique chacun et à deux bouilleurs, peuvent fournir une quantité de vapeur représentant 30 chevaux de force, mais que la machine motrice g n'est que de 12 chevaux effectifs ; le surplus de la production peut ne pas être indispensable pour le chauffage des cuves-matières et chaudières de cuite. Aussi, le plus ordinairement, deux fourneaux seulement sont en feu, ce qui, au besoin, rend facile les réparations à l'un ou à l'autre des trois générateurs.

La machine à vapeur g (fig. 1 et 2) est à cylindre horizonta ; sur l'arbre du volant est clavetée une grande poulie p' (fig. 1 et 3), qu transmet le mouvement à l'arbre de couche supérieur U sur lequel sont calées les poulies de commande. L'une de ces poulies actionne un groupe de trois pompes verticales U′, qui sont montées dans une excavation assez profonde afin de se trouver plus près du niveau de la Seine, dans laquelle un fort tuyau qui traverse sous le quai va puiser l'eau nécessaire à la fabrication, et l'envoie dans de grands réservoirs en tôle établis à l'étage supérieur, au-dessus de la petite cour Z (fig. 1 et 3), à laquelle se trouve adossée la chambre de fabrication.

Une pompe rotative U^2, commandée par la poulie p^2, est installée près des premières; elle aspire dans un puits dont l'eau est utilisée pour la réfrigèration des cuves de fermentation, les lavages, etc.

L'arbre de couche U actionne directement le crible N et les deux moulins du concasseur de l'orge germée N′; une de ses poulies, celle v, par la poulie v', donne le mouvement à l'arbre principal V, qui règne sur toute la longueur de la chambre de fabrication et se prolonge de l'autre côté jusqu'au fond de la cour où se trouve la cheminée.

Cet arbre, par les poulies V′ et les courroies qui embrassent les poulies P^2, actionne l'appareil brasseur des cuves-matières, et, par les poulies V^2, donne le mouvement aux pistons des pompes verticales s, qui servent, comme on l'a vu, à l'élévation du moût de la cuve reverdoir dans les chaudières de cuite et aux bacs refroidissoirs.

Avant de traverser la cour, près du mur de la chambre, une poulie v^2, par une courroie qui passe à travers le plancher (voyez fig. 4), actionne un petit arbre muni d'une roue d'angle engrenant avec un pignon fixé à l'un des bouts de l'arbre horizontal x; l'autre extrémité de cet arbre porte la poulie x' qui commande la pompe rotative X, destinée au soutirage de la bière des tonnes de fermentation D′ dans les gros tonneaux que l'on transporte sur les haquets aux caves où elle s'achève et se conserve.

L'arbre V prolongé est encore muni, tout à fait à son extrémité, d'une poulie x^2 et d'une roue d'angle y (fig. 3); la poulie commande un petit arbre intermédiaire X′ sur lequel sont fixées deux ou trois poulies, l'une recevant le mouvement, et les deux autres le transmettant à la chaîne à godets n' et à la vis sans fin n^2, qui conduisent le malt aux

moulins, conjointement avec la vis *n* commandée par une petite poulie montée sur l'axe de l'élévateur.

La roue d'angle *y* engrène avec une roue semblable, dont l'axe Y, prolongé à l'extérieur contre le mur, est incliné pour s'élever jusqu'aux greniers des magasins à orge non germée, et là, au moyen d'une seconde paire de roues d'angle, communiquer le mouvement à l'arbre horizontal Y' qui règne sur toute la longueur de ces greniers. Cet arbre est muni de trois poulies; la première *y'* (fig. 2) fait mouvoir l'élévateur à godets *m'* et la seconde *z* la vis m^2, au moyen desquels l'orge est répartie sur les planchers, et, par la vis inférieure *m*, est conduite au tarare *e*. La troisième poulie *z'*, fixée tout à l'extrémité de l'arbre, donne le mouvement à un tire-sacs au moyen duquel s'effectue le déchargement des voitures qui arrivent dans la cour et l'emmagasinage de l'orge dans les greniers.

COMPOSITION DE BIÈRES DIVERSES.

La bière dite de *Bavière* que fabrique M. Boucherot, est composée de la manière suivante :

BIÈRE DE CONSERVE.		*Produits.*	
Malt.	1,000 kil.	Bière.	26 hectolit.
Houblon.	25 »	Drèche.	24 »
		Levûre.	25 kilogr.
		Germe.	60 »

BIÈRE JEUNE.			
Malt.	1,000 kil.	Bière.	24 hectolit.
Houblon.	15 »	Drèche.	24 »
		Levûre.	25 kilogr.
		Germe.	60 »

Le volume de la levûre délayée est d'environ 3/1000 du volume du moût à fermenter.

Voici, d'après M. Payen et M. Lacambre, diverses autres compositions :

Proportions usitées dans quelques brasseries françaises.

Malt........	2000 kil.	Eau à 60°...	3500 lit.	qui produisent 6000 litres de bière double.
Sirop à 33°..	200 »	» 90°...	2500 »	
Houblon.....	60 »	» 100°...	120 »	

Lavage du malt. Eau, à 100°, 4000 lit. — produit 4000 l. de petite bière représentant 2000 l. de bière double.

Pour fabriquer de 50 à 60 hectolitres d'*ale* anglaise, on emploie :

Malt pâle	40 hectolitres.
Houblon de Kent	50 kilogrammes.
Sel marin	1 »
Levûre	de 15 à 25 »

Voici la composition d'un brassin d'ale ordinaire de Londres, préparé devant M. Lacambre.

Malt	pâle	204 hectolitres.	233 hectolitres.
	ambré	29 »	
Houblon d'Amérique			238 kilogrammes.

La densité du moût de la première trempe était de 12° Beaumé, l'ensemble des trois trempes à 7° 1/2 à la température de 16° centésimaux ; on obtint 425 hectolitres de bière.

Lorsqu'on prépare l'ale forte pour l'exportation, on emploie le premier moût, marquant 10° à 11° Beaumé, que l'on fait bouillir avec la totalité du houblon ; et, après le soutirage du liquide, les trempes suivantes, ajoutées sur le houblon et portées à 100°, servent à confectionner une bière de table.

Voici les proportions des matières premières et des produits de cette sorte de bière :

Malt pâle, 1re qualité	8940 kilog.
Houblon de Kent, 1re qualité	215 » 50
Graines de paradis en poudre	2 » 72
» coriandre	1 » 81
Sel marin	1 » 81

Les graines aromatiques sont employées dans la cuve guilloire, où s'effectue la fermentation du moût, pesant 12° Beaumé. Un brassin produit :

Ale	d'exportation 100 barils =	163 hectolitres.
	de table 80 » =	130 »

L'ale d'Écosse, notamment celle qui est brassée à Preston, est très-estimée. Elle se prépare avec des matières bien choisies et de la levûre blanche et fraîche dans les proportions ci-dessous :

		Produit :
Malt très-pâle	105 h.	Ale forte 95 hectol.
Houblon de Kent ou d'Amérique	88 k.	Bière de table 75 »
Graines de paradis en poudre	2 »	
» coriandre	1 »	
Écorce d'orange pulvérisée	2 »	

Pour la bière dite de *porter*, dont la consommation est considérable en Angleterre, on emploie :

				Produit :
Malt	pâle	21 hectol.	45 hectolitr.	56 à 66 hect. de *porter*.
	ambré	16 »		8 à 12 hect. de bière faible.
	brun	8 »		
Houblon brun			60 à 67 kilog.	
Sel marin			1 à 2 »	
Levûre			20 à 30 »	

Un brassin de forte bière brune se compose ainsi :

Malt.....	pâle	23 h. 26	115 hect. 60	*Produit :* 90 hect. de *porter.* 66 hect. de bière de table.
	ambré.......	23 » 26		
	brun........	69 » 8		
Houblon d'Amérique................			101 kil. 60	
Sucre brut de canne................			12 » 70	
Coculus indicus....................			1 » 81	
Faba amara.........................			2 » 72	

Dosages de bières faites à Louvain.

Blé moulu.........	5500 k.	7065 kilog.	*Produit :* Peeterman... 13,000 lit. ou Bière blanche 22,500 »
Orge germée séchée à froid..........	1400 »		
Avoine moulue.....	100 »		
Houblon	65 »		

Bière de Lille.

Malt concassé entre des cylindres, 2000 kilog.

Froment....................	16 litres	pour la bière ordinaire.
	6 »	» petite bière.
Houblon de Poperinghe.......	26 kilog.	pour la bière ordinaire.
	6 »	» petite bière.

Ce dosage produit 72 hectolitres de bière de table ordinaire, plus 28 hectolitres de petite bière. Celle-ci utilise les moûts faibles provenant de l'épuisement de la drèche que l'on applique également au lavage du houblon et auxquels on ajoute 6 kilog. de houblon normal.

Voici, d'après une analyse faite par MM. Payen et Poinsot, la composition d'une bonne bière de Strasbourg, fabriquée exclusivement avec l'orge et le houblon : Elle renferme 4,5 p. 100 d'alcool, et contient par litre :

48 gr. 44 de substances solides où se trouvent :

0 » 81 d'azote ;
0 » 93 de substances minérales ;
100 » de la substance contient 1 gr. 69 d'azote.

Un litre de cette bière représente donc 48 gr. 50 d'une matière solide contenant une substance azotée et qui semblerait être, à poids égal, à peu près aussi nourrissante que la céréale elle-même. La composition chimique s'accorde avec diverses observations, et montre que la bière doit réellement avoir une certaine propriété nutritive.

IMPORTANCE DE LA FABRICATION.

Nous avons dit en commençant que la consommation de la bière s'était accrue en France depuis quelques années dans une proportion notable. A Paris, seulement, elle a plus que doublé dans l'espace de dix années; voici à l'appui un relevé que nous donnons d'après le *Journal de l'Agriculture pratique :*

ANNÉES.	BIÈRE FABRIQUÉE DANS PARIS.		BIÈRES INTRODUITES.		TOTALITÉ.	
	Quantités.	Droits payés.	Quantités.	Droits payés.	Bière consommée.	Droits payés.
	hectolitres.	francs.	hectolitres.	francs.	hectolitres.	francs.
1854	112.707	349.603	53.888	243.193	166.590	592.796
1855	146.730	455.521	91.196	412.073	237.926	867.594
1856	173.930	545.275	116.684	532.157	290.614	1.077.432
1857	194.671	610.299	152.306	694.616	346.977	1.304.905
1858	150.745	472.590	149.425	681.477	300.170	1.154.067
1859	142.990	448.277	147.391	672.200	290.381	1.120.477
1860	168.170	527.218	161.320	735.633	329.490	1.262.881
1861	185.210	580.637	191.004	871.019	376.214	1.451.656
1862	152.901	479.350	197.029	898.495	349.930	1.377.845
1863	142.608	447.075	214.497	978.151	375.105	1.425.226

On remarque que l'augmentation porte surtout sur les bières introduites dans Paris, et qui viennent la plupart d'outre-Rhin ; cependant les chiffres de la troisième colonne comprennent les produits des brasseries peu nombreuses situées dans la banlieue. Leurs produits, quoique considérables pour quelques-unes, et notamment pour celle de M. Boucherot, sont insignifiants si on les compare à la production de l'Est et surtout de la Bavière.

M. Boucherot, avec sa nouvelle installation, pourrait fabriquer par jour, dans son usine, jusqu'à 160 hectolitres de bière, mais il ne compte en moyenne que sur 100 hectolitres environ par jour de travail, lequel

ANNÉES.	ORGE EMPLOYÉE.	HOUBLON EMPLOYÉ.	DRÊCHE PRODUITE.	LEVURE PRODUITE.	BIÈRE VENDUE.	DROITS PAYÉS à la régie[1]	DROITS D'OCTROI à la ville[2].
	quintaux.	kil.	hectol.	kil.	hectol.	francs.	francs.
1854	4.229	8.807	6.302	17.248	14.093	26.725	44.650
1855	5.913	9.021	9.337	19.412	19.967	30.505	61.161
1856	6.900	12.246	14.739	23.392	22.752	44.095	75.278
1857	8.793	15.584	16.601	24.236	28.038	49.978	93.677
1858	10.167	18.796	17.615	25.328	28.848	54.222	97.534
1859	9.673	17.294	17.652	20.804	24.690	47.059	82.687
1860	8.717	16.994	15.569	16.260	22.098	51.971	78.874
1861	7.345	16.097	16.419	23.728	22.527	46.656	80.944
1862	8.000	14.897	14.063	17.428	21.484	38.698	76.062
1863	8.634	12.376	16.397	17.237	22.964	39.585	78.192

(1) Le droit payé à la régie est de 2 fr. 40 c. l'hectolitre pour la bière forte; 60 cent. pour la petite bière, plus un double décime.

(2) Le droit d'octroi payé à la ville de Paris est de 3 fr. 76 cent., plus le double décime, ou 4 fr. 52 cent. l'hectolitre, double décime compris.

dure de quatre heures du matin à huit heures du soir. Le tableau qui précède permet à première vue de reconnaître l'importance de cette brasserie.

La drèche se vend environ 2 fr. l'hectolitre, et la levûre 0 fr. 55 c. le kilog. à l'état sec.

M. Barral, auquel nous avons emprunté les chiffres de ce tableau, y ajoute les considérations suivantes :

« A Paris, la bière est une boisson d'agrément qui est fort chère, d'abord à cause des droits élevés de l'octroi, et ensuite à cause du luxe des établissements où elle se consomme. Dans les départements de l'Est et de l'autre côté du Rhin, au contraire, cette boisson fait partie de l'alimentation générale. Il ne faut donc pas s'étonner que dans ces régions la fabrication ait fait plus de progrès qu'à Paris. Dès lors, quand la ligne du chemin de fer de Strasbourg a facilité les transports, la concurrence est devenue très-grande ; elle a augmenté lorsque l'administration de la compagnie de l'Est a fait un tarif spécial à prix réduit; enfin elle a encore augmenté lorsque le pont de Kehl a réuni le réseau français au réseau badois, puisque cette réunion a permis aux brasseurs de Munich, de Francfort et de Mayence, et même de Vienne, d'envoyer leurs produits à Paris.

A quelques exceptions près, les brasseurs de Paris n'étaient pas préparés à la lutte occasionnée par l'arrivée des bières du dehors ; leur matériel était incomplet, il nécessitait de grandes et coûteuses réformes. Mais les efforts ont été constants. On n'a reculé devant aucun sacrifice. Les fabricants les plus expérimentés ont été appelés à Paris ; le sirop de fécule a été repoussé de toutes les brasseries qui s'occupaient de la fabrication bavaroise ; les matières premières, orge et houblon, ont été choisies de première qualité, sans s'inquiéter des prix d'achat.

Le succès a justifié ces efforts. Aussi, bien souvent se boit-il des bières de Paris que les débitants décorent du nom de Munich ou de Francfort ; et l'on peut assurer que la brasserie de Paris tiendrait la tête de son industrie, comme toutes les industries parisiennes, sans le préjugé du public en faveur des bières étrangères. Ce préjugé est poussé tellement loin, que les mêmes débitants, qui livrent à la consommation de la bière de Paris sous un nom étranger, ont l'injustice, lorsque la bière du dehors est inférieure, de s'en excuser auprès de leur clientèle en prétextant un retard dans l'arrivée par chemin de fer, et en disant que, pris au dépourvu, ils ont le regret de vendre de la bière prise à Paris. »

TRAVAUX PUBLICS

BATEAU POMPEUR

APPLIQUÉ A L'EXTRACTION DES VASES MOLLES

CONSTRUIT POUR LE SERVICE DU BASSIN DE SAINT-NAZAIRE

Par M. GACHE AINÉ, ingénieur-mécanicien
et MM. JOLLET et BABIN, entrepreneurs à Nantes.

(PLANCHE 38.)

Lorsqu'on eut construit à Saint-Nazaire ces immenses bassins à flot, destinés à recevoir les grands bâtiments transatlantiques, M. Gâche aîné, dont on connaissait l'aptitude pour les grandes questions mécaniques, fut appelé à étudier un système économique permettant d'enlever rapidement les vases molles qui s'y déposent sans cesse.

Il s'agissait, pour le constructeur, d'établir un appareil qui présentât, sur le système de drague généralement employé pour ces sortes d'opérations (1), le double avantage d'effectuer l'extraction à meilleur marché du moins jusqu'à des limites déterminées, et de transporter les matières sans difficulté, sans aucun accessoire, et, pour ainsi dire, sans aucune main-d'œuvre.

M. Gâche, après diverses expériences préalables, put s'assurer que des pompes convenablement disposées peuvent aspirer et refouler les vases peu âgées, c'est-à-dire qui, n'ayant pas séjourné un temps trop long, n'ont pas encore pris une consistance assez forte pour dépasser une densité de 13 à 1,400 kilogrammes par mètre cube.

C'est ainsi qu'il fût amené à construire le premier bateau pompeur,

(1) Nous avons publié avec beaucoup de détails dans le 7e volume de ce Recueil, les belles dragues construites par M. Nillus, et qui ont servi au creusement du nouveau port et des grands bassins du Havre.

dont nous donnons le dessin pl. 38, et qui, après les bons résultats constatés, fut immédiatement accompagné de plusieurs autres semblables.

Ces bateaux pompeurs font donc un travail analogue à celui des dragues ordinaires, mais dans des conditions qui, comme on le verra plus loin, sont sensiblement plus économiques, toutes les fois que l'on ne donne pas à la vase le temps d'acquérir une densité supérieure à 1,200 kilogrammes environ. M. Gâche nous dit qu'ils peuvent, en effet, fournir un rendement de 40 p. 0/0 plus élevé que les dragues.

En multipliant les extractions de façon que la densité des vases n'augmente pas au delà de ce que permet l'usage des pompes, ce système fait un bon service, car il opère sans l'adjonction de transports auxiliaires, se charge des dépôts et se transporte lui-même au lieu de déversement qui, dans l'espèce, est la rade où le port est situé.

Si l'on suppose, au contraire, l'emploi de la drague, on sait que cet engin ne se propulsant pas, ne peut recevoir les dépôts qui sont versés dans des chalands lesquels doivent être ensuite remorqués jusqu'au point de déchargement.

Le bateau pompeur est absolument seul pour l'ensemble de ces opérations; il extrait les dépôts, s'en charge et se transporte ensuite pour en être débarrassé et revenir à son point de départ opérer de nouveau s'il y a lieu. Pour cela, il est muni d'un propulseur à hélice dont le moteur est mis en rapport, à volonté, avec le mécanisme des pompes servant à l'extraction ; enfin il est divisé intérieurement suivant de vastes compartiments pour emmagasiner les vases extraites, lesquelles se déversent instantanément, quand le bateau est amené au large.

Après cet aperçu nous entrons dans la description détaillée de ce bateau que représente la planche 38.

DESCRIPTION DU BATEAU POMPEUR

REPRÉSENTÉ PL. 38.

La fig. 1re représente ce bateau en coupe longitudinale suivant l'axe même de la coque;

La fig. 2 en est une projection horizontale extérieure;

Les fig. 3 à 5 sont des sections transversales passant par les plans successifs 1-2, 3-4-5-6, et 7-8;

La fig. 6 représente la machine motrice vue de face et à une plus grande échelle;

La fig. 7 est un détail de l'une des pompes d'extraction.

La coque de ce bateau, qui est construite entièrement en fer, présente à l'intérieur, quatre grands compartiments principaux A destinés à emmagasiner la vase au fur et à mesure de son extraction ; le fond de ces compartiments, qui sont encore subdivisés par une cloison centrale, est formé de quatre plans inclinés se réunissant sur deux points *a*,

armés chacun d'une soupape *b*, et par lesquels s'opère le déchargement.

Dans l'intervalle réservé au milieu de la coque, entre les deux séries de compartiments, se trouve installé un mécanisme de transmission communiquant le mouvement du moteur à deux pompes B, installées sur les deux côtés du pont et qui sont en rapport avec deux longs conduits C, lesquels, se réunissant à l'arrière par des coudes et un manchon C′ formant crépine, constituent un seul conduit en U qui articule en ses points de raccord avec les pompes et peut s'élever ou s'abaisser à volonté.

Les deux corps de pompe sont surmontés de colonnes d'ascension qui viennent déboucher dans deux conduits D, disposés transversalement, et qui se raccordent avec deux autres conduits longitudinaux D′ dont la portée correspond aux compartiments extrêmes, tout en permettant, à l'aide de soupapes *c* et des registres *d*, d'opérer le versement dans les compartiments intermédiaires et dans chacune des divisions de ces compartiments. On voit que ces registres sont, en effet, des lames à charnières qui s'inclinent à volonté vers l'un ou l'autre côté du conduit, suivant que l'on doit diriger les matières sur la division de tribord ou sur celle de bâbord.

A l'arrière de ces bacs à vase se trouve le générateur E, et, à la suite, le moteur F, machine à deux cylindres inclinés et renversés, conformément au système admis par M. Gâche pour les navires à hélice et, dont nous avons publié très-complétement deux spécimens dans le Xe volume de ce Recueil. Cette machine donne, en effet, le mouvement à une ligne d'arbre composée d'une petite partie G′ portant l'hélice H et de la grande partie principale G, se prolongeant jusqu'au mécanisme des pompes qu'elle met en mouvement. Mais il est bien entendu que cette double commande est alternative, et que des manchons d'embrayage permettent d'établir ou de rompre à volonté les deux parties de la ligne d'arbre du vilebrequin attaqué par les bielles motrices.

Cet exposé nous permet d'examiner maintenant les détails de ce mécanisme et d'en expliquer ensuite le fonctionnement d'une manière complète.

A l'aide des deux figures d'ensemble et de la section transversale (fig. 5), on voit que les tiges des pompes sont rattachées, par un parallélogramme, à deux balanciers en fonte I dont les extrémités opposées sont armées de longues bielles J, qui viennent s'assembler par des boutons de manivelle avec deux roues d'engrenage K; celles-ci engrènent simultanément avec un pignon L, monté sur l'extrémité de la grande ligne d'arbre G. Ce mode de commande, qui s'explique de lui-même, est motivé par la position que doit occuper l'arbre pour se trouver en rapport avec l'hélice, sans changement de vitesse, tandis que les pompes ont dû être placées au-dessus du pont et recevoir une plus faible vitesse. On remarque même qu'un volant étant nécessaire pour la régularité

de ce mouvement, on en a installé un, M, sur un axe plus élevé, tant à cause du défaut de place à fond de cale que pour laisser libre le chemin des boutons des bielles J, et qui reçoit son mouvement à l'aide d'une courroie *e* et de deux poulies *f*, dont l'une est placée sur l'arbre moteur en avant du pignon L (il a été supprimé sur la fig. 1, afin de laisser voir l'attache de la bielle sur le bouton de manivelle de la roue K). Mais on s'est réservé la faculté de roidir cette courroie avec toute l'énergie nécessaire à l'aide d'un tendeur *g* commandé à la main et par une vis.

Le long conduit aspirateur C qui encadre, en quelque sorte, la moitié arrière de la coque, est disposé pour être relevé, comme il est indiqué sur les figures, lorsque le bateau se transporte et que les pompes ne fonctionnent pas, et pour être abaissé, dans la circonstance opposée suivant la profondeur à laquelle on épuise. A cet effet, des articulations ou rotules simples ayant été réservées, ainsi que nous l'avons dit, aux points où les deux conduits de tribord et de bâbord se raccordent avec les pompes, l'ensemble du conduit double est soutenu, à l'arrière, par un système de chaînes qui viennent s'enrouler sur un treuil *double* pouvant être mis en fonction facultativement à bras ou par le moteur à vapeur; pour cela l'un de ses axes porte une poulie *h* *correspondant*, par une courroie, avec une poulie semblable *h'* fixée sur la partie d'arbre G', avec moyen de débrayage.

On se sert du moteur au commencement et à la fin d'une opération pour immerger le conduit ou le relever, surtout lorsqu'on *épuise à de* grandes profondeurs. Mais pendant le travail, lorsqu'il faut seulement abaisser ou relever un peu le tuyau, le treuil est mû à bras.

Dans la position relevée la crépine C' est en avant de la portée du gouvernail : mais on comprend qu'il suffit de *rabattre* ce dernier contre la coque pour que l'abaissement du conduit puisse s'effectuer. La seule condition à remplir, c'est que le développement du conduit soit suffisant pour passer l'angle inférieur de l'étambot, en décrivant son arc de cercle d'après les points d'articulation situés au-dessous des pompes.

Il est remarquable que ces tuyaux sont faits en deux parties ou deux demi-coquilles, présentant extérieurement deux brides qui forment nervures et donnent aux tuyaux la roideur nécessaire pour résister à la flexion.

Quant aux pompes, qui sont représentées en détail fig. 7, elles renferment un piston à clapet *p* et un clapet fixe *p'* spécialement construit en vue du passage de la vase qui, bien que molle, présente plus de viscosité que de l'eau. Ces deux clapets sont formés par des lames en segments séparés s'appuyant sur un siége en grille, et fonctionnent suivant le mode des pompes Letestu, que nous avons décrites dans le VIIe vol., et qui sont d'ailleurs bien connues pour les services qu'elles rendent dans les travaux d'épuisement.

Résumant ce qui précède, quant au fonctionnement d'ensemble, on a vu que le bateau étant amarré, suivant le système d'une drague ordi-

naire, sur le lieu d'épuisement, l'arbre de l'hélice est débrayé, la grande ligne est seule en mouvement et les pompes fonctionnent. La vase élevée est dirigée dans les compartiments A, par les conduits D et D′ qui permettent l'emplissage successif des extrêmes et des intermédiaires avec une répartition régulière de la charge, de façon que le bateau conserve son parallélisme avec le plan de flottaison. Quatre treuils O servent, comme pour les dragues, à déplacer le bateau, pendant le travail, pour atteindre les différents points de l'étendue suivant laquelle l'action doit s'exercer.

Lorsque le chargement est complet, la ligne de flottaison qui, à vide, était en *m-n*, est remontée en *m′ n′*, on débraye les pompes, on relève le conduit d'aspiration C, puis, ayant embrayé l'arbre de l'hélice, le bateau s'éloigne pour gagner le large et atteindre le point où peut s'opérer son déchargement.

Nous avons montré que le déchargement des bacs se fait par écoulement simple et par des puits carrés *a′*, qui sont recouverts des clapets *b* à la partie supérieure, tandis qu'ils sont librement ouverts sous la quille; il est à remarquer qu'on a eu le soin de placer leur ouverture supérieure un peu au-dessus de la ligne de flottaison à vide. Il ne faut donc que lever ces clapets pour vider les compartiments; mais comme ils sont inaccessibles directement et qu'une lourde colonne de vase pèse sur eux, on ne peut les soulever qu'à l'aide de petits treuils P, avec lesquels ils sont reliés par des chaînes *i*.

Une fois le déchargement terminé, le bateau revient, toujours par le jeu de son propulseur, et est prêt pour une opération suivante. Nous allons donner maintenant quelques chiffres qui permettront d'avoir une idée complète du fonctionnement de cet intéressant appareil.

DIMENSIONS ET CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT.

Voici les dimensions principales de ce bateau :

Longueur entre perpendiculaires, à la flottaison, en charge.	41m	50
Largeur.	7	50
Creux à la ligne droite du barrot, au maître couple.	3	15
Tirant d'eau en charge, sous quille. . . .	2	55
Déplacement total jusqu'au plan de flottaison. .	518mc	875
Déplacement en tonneaux de 1000 kilog., en supposant la densité de l'eau de mer de 1026 kil. par mètre cube.	532tx	365
Poids de la coque armée.	122	139
Poids des machines, pompes et accessoires. .	27	451
Poids total du système.	149	590

D'après cela, il reste pour exposant de charge, ou déplacement utile :

$$532365^{k} - 149590 = 382775 \text{ kilog.}$$

Comme on estime que la vase, dans l'état où elle est susceptible d'être extraite par les pompes, atteint une densité de 1190 kil. par mètre cube, il s'ensuit que le volume total du chargement peut s'élever à

$$\frac{382775^{k}}{1190^{k}} = 321 \text{ mètres cubes.}$$

Comme les bateaux de Saint-Nazaire font huit voyages par jour, tout en déposant les vases à 4000 mètres du point d'extraction, en passant deux fois l'écluse du bassin, chaque bateau pompeur enlève donc par jour de travail

$$321 \times 8 = 2568 \text{ mètres cubes.}$$

Nous terminons cet exposé par d'utiles renseignements qui nous ont été communiqués par le constructeur même sur l'opportunité de faire usage du bateau pompeur ou des dragues ordinaires pour effectuer l'extraction des vases.

Partout où il y a urgence d'enlever les vases au fur et à mesure de leur formation, comme cela a lieu dans presque tous les bassins à flot, les bateaux pompeurs donnent un rendement de 40 0/0 supérieur à celui des dragues ordinaires; mais lorsque la densité de la vase dépasse 1200 kil., l'effet utile des pompes diminue et celui des dragues augmente.

Enfin, à la densité de 1430 kilog., ces dernières donnent un résultat supérieur à celui des pompes, qui peuvent néanmoins fonctionner encore avec avantage jusqu'à la densité de 1230 environ.

La vase en suspension dans l'eau de mer met environ dix-huit mois pour acquérir la densité 1430 kilog. qui est celle de la vase fixe.

Dans le bassin de Saint-Nazaire, on la pompe généralement à l'âge de deux mois, lorsque sa densité n'atteint encore que 1190 kilog. par mètre cube, densité que nous admettions ci-dessus pour estimer le chargement et le travail journalier du bateau qui vient d'être décrit.

FILATURE DU COTON

CARDE DÉBOURREUSE AUTOMATE

AU MOYEN DE LA MÉCANIQUE JACQUART

Par M. GEORGES RISLER, manufacturier à Cernay.

(PLANCHE 39.)

En publiant, dans le vol. XIV, la machine dite *épurateur* de M. G. Risler, nous avons dit que, parmi les perfectionnements importants que cet habile manufacturier avait apporté aux machines de préparation du coton, il fallait citer encore, et d'une façon toute spéciale, son système de *carde débourreuse automate,* pour laquelle nous avons cru devoir entrer dans quelques détails.

En mesure aujourd'hui de compléter ces renseignements, nous allons, avec un dessin très-exact, que nous devons à l'obligeance de l'auteur, donner une description détaillée de cet ingénieux appareil, mais auparavant il nous paraît utile de rappeler les applications nouvelles qui le distinguent des autres cardes analogues ; ce sont :

1° L'emploi d'une grille cintrée dans des conditions toutes différentes de celles que l'on avait essayées primitivement ;

2° Le débourrage des chapeaux au moyen de la mécanique Jacquart ce qui constitue une première application, dans la filature, de cette ingénieuse mécanique exclusivement en usage jusque-là pour le tissage.

3° La disposition toute particulière de la plaque débourreuse cintrée, animée d'un mouvement alternatif de va-et-vient pour monter et descendre sur une certaine étendue autour du grand tambour ;

4° Enfin le contre-peigne qui débourre seul la plaque débourreuse.

Ce sont ces différentes parties essentielles que nous allons plus particulièrement décrire.

DESCRIPTION DE LA CARDE DÉBOURREUSE.

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 7, PL. 39.

La fig. 1 représente ce système de carde débourreuse automate vue en élévation extérieure ;

La fig. 2 en est une section verticale faite par le milieu de la largeur ;

La fig. 3, un plan général vu en dessus ;

La fig. 5 montre en détail, à une échelle double des figures précédentes, la petite mécanique Jacquart en section verticale ;

Les fig. 6 et 7 sont les détails en élévation et en plan du mécanisme qui, par l'intermédiaire du Jacquart, déplace successivement les chapeaux pour permettre au peigne cintré d'en effectuer le débourrage.

DISPOSITIONS GÉNÉRALES. — L'inspection de ces figures fait tout d'abord reconnaître que le système d'alimentation de cette carde est semblable à celui de l'épurateur, c'est-à-dire composé de deux doubles paires de cylindres cannelés *a*, *a'* qui, disposés tangentiellement derrière le gros tambour A, engagent le coton entre ses dents. Ce coton, distribué par les cylindres alimentaires B et B' qui le développent des rouleaux C et C', est conduit par les couloirs *b* et *b'* aux cylindres cannelés sous lesquels sont disposées les auges *c* et *c'*. Celles-ci sont destinées, comme on sait, à recevoir les ordures qui s'échappent des ouvertures ménagées à cet effet à la plaque en tôle *d*, qui forme une portion de l'enveloppe du tambour, laquelle plaque est pourvue derrière les cannelés d'une règle biseautée, et devant, d'une sorte de bec cintré, l'une servant à diriger les ordures dans l'auge, l'autre à faciliter l'entrée du coton.

Le coton, après avoir subi un premier nettoyage de l'alimentation, est rendu par le gros tambour à un premier cylindre à hérisson D, garni de ruban de carde, lequel est débourré par un second hérisson E qui le reporte au tambour, d'où il est repris et rendu de nouveau par la seconde paire de hérissons D', E'.

A la suite de ces derniers, vient la grille cintrée composée de règles ou barreaux en fer poli *e* et *e'*, engagés par leurs extrémités dans des secteurs en fonte fixés intérieurement contre les bâtis verticaux A' de la carde. Ces barreaux forment une sorte de coursier excentré au tambour, c'est-à-dire que ceux de gauche (fig. 2) en sont plus rapprochés, en *e*, que ceux de droite, en *e'*, et cela progressivement suivant le sens du mouvement indiqué par la flèche x.

Le tambour en tournant produit une ventilation énergique qui fait passer le coton sur ces barreaux et laisse tomber, avant de se rendre aux chapeaux, les feuilles, boutons et duvets courts dans le récipient circulaire F, placé directement en dessous. Ce récipient est muni d'une

porte montée à charnières que l'on ouvre plusieurs fois chaque jour à l'aide du levier F', afin de pouvoir retirer les déchets et ordures qui y sont renfermés.

Les chapeaux G, au nombre de huit ou dix, à volonté, sont placés à la suite de cette grille, concentriquement à la circonférence du gros tambour ; ils sont maintenus aux deux extrémités par des tiges en fer G', qui leur servent de guides pour se mouvoir bien horizontalement, afin que chacun d'eux, séparément, puisse se retirer en arrière pour être débourré, et revenir après se remettre à la même place qu'il occupait avant son déplacement ; ce retour est produit par l'action d'un ressort à boudin *g* qui entoure chacune des tiges.

Il est indispensable, comme on sait, de pouvoir, dans toutes les cardes, régler très-exactement la position des chapeaux par rapport au gros tambour, comme aussi de pouvoir les enlever sans difficulté. Cette double condition est obtenue ici très-simplement, d'une part, au moyen de petites vis de buttée dont on règle la hauteur à volonté en les engageant plus ou moins dans des trous filetés dans de petits bossages *g'* (fig. 1), ménagés de fonte avec les flasques du bâti, et, d'autre part, à l'aide d'un système d'assemblage reliant par des écrous à oreilles les chapeaux avec leurs tiges-guides G'.

De chaque côté de celles-ci, glissent de petites chaînes de Galle *f* (fig. 1 et 3), attachées d'un bout aux chapeaux, et, du bout opposé, aux galets *f'*, qui sont fixés sur les huit axes horizontaux *h* supportés par des platines H (fig. 2), boulonnées au bâti. Les chaînes *f* sont tendues par des émérillons, et sont guidées par de petits galets horizontaux montés à l'extrémité des tiges-guides, ainsi qu'on peut le reconnaître par la fig. 1.

DÉBOURREUR AUTOMATE. — Nous venons de voir comment les chapeaux sont montés pour agir conjointement avec le tambour afin d'effectuer le cardage des filaments de coton engagés entre leurs dents, il nous faut maintenant expliquer comment a lieu le débourrage desdits chapeaux.

Nous avons dit en commençant que cette opération délicate, que dans beaucoup de filatures on fait encore à la main, quoiqu'il existe quelques systèmes qui donnent de bons résultats (1), était obtenue par M. Risler au moyen d'une mécanique Jacquart, dite *rattière* en terme de tissage, laquelle commande en temps opportun le déplacement des chapeaux, et qui est installée sur le devant de la carde, entre les deux flasques du bâti, sur une traverse inférieure A^2 (fig. 2 et 5).

La mécanique Jacquart est trop connue pour que nous la décrivions en détail ; il nous suffit de rappeler que nous en avons donné plusieurs

(1) Dans le vol. V de ce Recueil nous avons donné le dessin du débourreur mécanique de M. Dannery, lequel a depuis reçu des perfectionnements notables que nous ferons connaître bientôt en décrivant dans tous ses détails une très-belle carde mixte construite par M. Schlumberger.

dessins complets dans ce Recueil (1), disons seulement que pour chaque chapeau, il y a un crochet H (fig. 4 et 5) réuni par une petite chaîne Galle i à un galet h' fixé sur l'un des axes horizontaux h, lesquels, comme on l'a vu plus haut, correspondent chacun à l'un des chapeaux, au moyen des chaînes f et de deux galets f' fixés aux extrémités de mêmes axes, afin que la traction du chapeau ait lieu bien parallèlement sur les tringles-guides G'.

Le chariot H' du Jacquart est animé d'un mouvement ascensionnel et descensionnel par la bielle I, dont la tête est reliée au levier en fonte I' (fig. 2, 6 et 7), qui porte un tourillon i' engagé dans une rainure pratiquée sur la face de l'excentrique J, de telle sorte que celui-ci, en tournant, fait mouvoir la bielle et avec elle le chariot H', lequel, par son couteau J' (fig. 5), agit sur les crochets H qui, par l'effet des cartons percés, agissent, comme on sait, sur les aiguilles j' pour repousser les crochets ou les présenter au couteau, suivant un certain ordre déterminé à l'avance par les trous ou par des chevilles placées dans le carton en face desdites aiguilles j'. Alors, naturellement, chacun des chapeaux se trouve retiré dans l'ordre qui lui est assigné à une même distance du gros tambour, puisque la course du chariot reste toujours la même.

Pendant qu'un ou plusieurs chapeaux sont éloignés, la plaque ou peigne k, servant à débourrer, monte jusqu'à la hauteur du dernier chapeau (dans la position indiquée en traits ponctués fig. 2) en passant entre ceux retirés en arrière et ceux restés en place, et, en descendant, débourre le ou les chapeaux que la mécanique Jacquart a éloignés.

Un mécanisme spécial de la commande que nous décrirons bientôt, oblige les chapeaux à rester immobiles en arrière durant les quelques secondes nécessaires à la plaque débourreuse pour faire sa course d'aller et de retour et accomplir son travail.

Pour qu'elle puisse passer ou monter sans détériorer les dents des chapeaux, la plaque cintrée est montée à charnière, et ses deux extrémités supérieures sont munies d'une petite pièce ou nez k' (fig. 1), qui l'oblige à céder, puis à reprendre sa position primitive en redescendant, alors qu'elle doit effectuer le débourrage des chapeaux en leur enlevant les déchets de coton dont ils sont garnis. Cette plaque débourreuse est elle-même débourrée par le contre-peigne l, monté sur un petit axe mobile dans des supports qui font partie du bâti de la carde.

Pour guider la plaque débourreuse dans son mouvement de va-et-vient concentrique au tambour, des rainures cintrées l' sont ménagées dans des joues latérales; dans le fond ces rainures sont garnies de tampons en caoutchouc, destinés à amortir le choc de la plaque qui redes-

(1) Dans les vol. V et VIII on trouvera deux de ces mécaniques, et, dans le vol. XVI, un nouveau Jacquart dû à M. F. Durand, qui permet de substituer le papier continu aux chapelets de carton jusqu'ici en usage.

cend rapidement, sollicitée par son propre poids. Son mouvement d'ascension lui est communiqué par deux pignons K, montés sur le même axe, à ses deux extrémités, afin d'engrener avec les deux crémaillères cintrées K′ (fig. 2) qui y sont fixées de chaque côté.

Transmission de mouvement. — On doit pouvoir maintenant se rendre compte aisément de la manière dont se produit le débourrage de chacun des chapeaux dans l'ordre déterminé par les cartons du Jacquart, c'est-à-dire quand les crochets de cette mécanique, entrainés par le couteau, éloignent du tambour les chapeaux correspondants, pour les laisser dans cette position le temps nécessaire au passage de la plaque débourreuse. Mais ce qu'il nous reste à expliquer, c'est le mode de transmission de mouvement, adopté pour que ces diverses actions se produisent en temps opportun.

Nous reconnaissons tout d'abord que le grand tambour de la carde reçoit, comme d'ordinaire, son mouvement de rotation continu d'une poulie P (fig. 3), calée sur son axe; d'un côté de celle-ci, en dehors, se trouve la poulie folle P′, pour l'arrêt, et en dedans, une troisième poulie P^2, fixée sur l'arbre comme la première, et, destinée à transmettre le mouvement par la petite poulie *p* à l'un des cylindres cannelés *a′* de l'alimentation. Celui-ci, par les roues et les pignons dentés intermédiaires L et L′, montés à l'autre extrémité de leurs axes respectifs, actionnent les cylindres alimentaires B et B′ et aussi les deux hérissons E et E′, par les roues M et la chaîne sans fin M′. Au moyen d'une roue N, fixée sur le bout de l'un des cannelés *a*, et par les cinq roues intermédiaires N′, dont la dernière commande le pignon *o* (fig. 1), le mouvement est transmis au petit tambour O qui enlève des dents du gros tambour la nappe de coton cardé entre les chapeaux.

Du même côté que ces engrenages, l'axe du gros tambour est garni de la poulie *p′*, qui, par celle p^2, commande l'arbre *m*, transmettant les mouvements au Jacquart, à la plaque cintrée, aux rouleaux d'appel et au pot tournant.

On a vu que le mouvement alternatif d'ascension et de descente de la griffe du Jacquart était commandé par la camme J (fig. 6 et 7), qui, à cet effet, doit tourner par intermittence, afin que les moments de repos nécessaires à la plaque débourreuse pour agir sur les dents des chapeaux se produisent. De plus, le déplacement de ceux-ci ne devant avoir lieu qu'en des espaces de temps peu rapprochés, son axe est muni d'une roue d'angle *m′* commandée par le pignon *l*, qui, monté fou sur l'axe *l′*, ne se trouve entraîné par la rotation dudit arbre que par l'intermédiaire d'un mécanisme spécial recevant sa commande de la vis sans fin *n* engrenant avec la roue *n′*.

Ce mécanisme est composé de petits doigts *o′*, fixés sur le moyeu de la roue *n′*, et destinés à venir rencontrer dans leur rotation les équerres des petits leviers horizontaux O′ et O^2, qui oscillent dans les

coulisses des leviers verticaux Q et Q′. Ces derniers sont réunis aux manchons à griffes *q*, et le tout est combiné de telle sorte que l'embrayage de ce manchon avec sa contre-partie produit, en temps voulu, l'entraînement du pignon *l* et, par suite, au moyen de la roue *m′*, celui de la camme J qui commande le mouvement de la griffe du Jacquart.

Des ressorts à boudin ramènent les leviers dans la position du débrayage, aussitôt que les doigts *c′* ont abandonné les équerres des leviers O′ et O^2. Les deux positions extrêmes de la camme principale J se trouvent bien assurées par l'action du levier R, sollicité par le ressort à boudin R′, et dont la tête arrondie vient s'arrêter dans deux échancrures diamétralement opposées, ménagées à la circonférence de ladite camme.

Le mouvement est transmis de l'arbre principal *m* à l'arbre *l′* porteur du mécanisme des chapeaux, par deux paires de roues d'angle *r′*, réunies au moyen de l'arbre incliné R^2.

L'arbre inférieur *m* commande aussi, comme nous l'avons dit, la plaque débourreuse *k*, et cela au moyen d'un mécanisme tout à fait semblable à celui que nous venons de décrire, c'est-à-dire par l'intermédiaire de deux roues d'angle, dont l'une est montée sur l'axe du pignon K (fig. 2) qui commande la crémaillère cintrée K′, et du manchon à griffes *q′* (fig. 1). Celui-ci, comme le précédent, ne se trouve embrayé qu'à de courts instants au moyen des leviers en équerre O^3 qu'actionnent les doigts o^2 de la roue n^2, laquelle est commandée par la vis sans fin n^3 fixée sur l'axe l^2, qui reçoit le mouvement de l'arbre *m* par l'intermédiaire des petites roues et pignons r^2.

Nous avons à peu près tout dit pour ce qui est relatif aux nouvelles dispositions de cette carde, et principalement à son système de chapeaux à débourreur automate : il ne nous reste plus qu'à décrire la commande des rouleaux d'appel et celle du pot tournant, organes qui, du reste, sont à peu près semblables à ceux appliqués pour le même but dans les cardes ordinaires en usage maintenant dans toutes les filatures.

Rouleaux d'appel et pot tournant. — Déjà dans le vol. XIII, en donnant la description de la carde double à chapeaux circulaires rotatifs de M. Nouflard, nous avons fait connaître en détails le dispositif (système anglais) qui permet l'emmagasinage du ruban à l'intérieur du pot dans des conditions qui en rendent le développement aux opérations ultérieures on ne peut plus facile.

La nappe de coton cardé, enlevée du gros tambour par le cylindre O, en est détachée par le peigne *s* (fig. 2), animé, à cet effet, d'un petit mouvement vertical de va-et-vient, qui lui est transmis de l'arbre à manivelle *m* par les deux bielles S.

Cette nappe, engagée dans le couloir en tôle S′, est attirée sous forme de ruban par les rouleaux d'appel *t*, qui la conduisent entre les petits rouleaux délivreurs *t′*, renfermés à l'intérieur du couvercle T du pot tournant T′.

Un mouvement de rotation continu est communiqué aux rouleaux d'appel par une série de petites roues s' (fig. 1 et 3), qui le reçoivent du pignon s^2 (fig. 6 et 7), fixé à l'un des bouts de l'arbre horizontal l'.

Ce même arbre porte, à l'intérieur du bâti, un second pignon t^2 qui, par une roue intermédiaire et le pignon u (fig. 1), et une petite paire de roues d'angle u' (fig. 2), donne le mouvement à l'arbre vertical U, logé dans le support en fonte U', et sur le socle duquel est monté le pot tournant T'.

Comme la rotation de celui-ci doit être très-lente, un double renvoi de pignons retardataires u^2 est disposé dans ledit socle.

Pendant que l'arbre U, par sa partie inférieure, fait tourner le pot, sa partie supérieure, munie d'un pignon droit v et d'une petite roue d'angle x, commande, au moyen du premier, la roue qui porte le couloir v', par lequel le ruban pénètre à l'intérieur du pot, et, par l'intermédiaire de la seconde, les petits rouleaux délivreurs t'.

C'est le double mouvement du pot et de son couvercle, tournant excentriquement l'un par rapport à l'autre et à des vitesses différentes, qui effectue la distribution du ruban sous forme d'anneaux superposés d'un diamètre un peu moindre que le rayon du vase, de façon à ce qu'ils se trouvent tangents à sa paroi intérieure, en laissant tout naturellement à son centre un vide sur toute la hauteur.

Quoique cette carde, au premier examen, paraisse compliquée et même susceptible de dérangements, nous pouvons assurer qu'il n'en est rien, et que le réglage en est très-facile, car, depuis 1857 que nous voyons fonctionner une machine de ce système, elle n'a subi d'autre arrêt que celui nécessaire pour l'aiguisage et le nettoyage des divers organes dont elle est composée et qui ne présentent en résumé que des combinaisons mécaniques relativement simples.

Ce système de carde, ainsi que l'épurateur de M. Risler, a été adopté par un grand nombre de manufacturiers et se répand de plus en plus dans les filatures de coton.

NOUVELLES MACHINES-OUTILS

POUR LA FABRICATION DES PIÈCES DE CANON

Par M. Eugène PIHET fils, ingénieur-mécanicien à Paris.

M. E. Pihet, fils de l'habile et honorable mécanicien qui, à une époque déjà éloignée, avait fondé à Paris l'un des établissements de construction les plus importants, où il a acquis une belle réputation, s'est chargé d'exécuter, pour le gouvernement français, une série de machines très-intéressantes destinées à la confection des pièces de canon.

On sait que l'État, qui possède en France plusieurs fonderies spéciales, a voulu réunir à Bourges une manufacture centrale sur de grandes proportions, pour la fabrication des pièces de siége et de campagne, en cherchant, à cet effet, à profiter de toutes les améliorations que la science mécanique permet de réaliser aujourd'hui, afin d'éviter autant que possible le travail manuel, de faciliter les manœuvres, et de rendre les opérations très-précises.

MM. les officiers d'artillerie, chargés de l'organisation d'un tel établissement, et de l'installation d'un nouveau matériel complet, ont apporté, dans l'étude de ces projets, les soins les plus minutieux. Sur leurs avis motivés, le ministère de la guerre s'est adressé pour l'exécution des outils et des divers appareils nécessaires, à des constructeurs de mérite, bien connus déjà par leurs travaux antérieurs.

C'est ainsi que MM. Farcot eurent la commande des moteurs à vapeur (1), M. E. Pihet, celle des machines-outils, et à M. Neustadt fut confiée l'exécution des grues roulantes de montage, à grande portée, suivant le système que nous avons publié récemment, pl. 2.

M. Pihet, formé de bonne heure à la pratique de la construction, et habitué à l'exécution des machines-outils, après avoir travaillé long-

(1) MM. Farcot, dont la réputation est aujourd'hui européenne, ont été également chargés d'exécuter pour la nouvelle et grande manufacture d'armes de Saint-Étienne, plusieurs fortes machines à vapeur destinées à actionner tout le riche outillage installé dans un immense atelier qui, nous osons le dire, n'aura pas son semblable dans le monde entier. Ces machines sont analogues aux dernières que nous avons dessinées et décrites avec détails dans le Ier vol. de notre *Traité des moteurs à vapeur*.

temps avec son beau-père, M. Carillion, dont il est devenu le digne et intelligent successeur, n'a pas craint d'entreprendre l'étude des nouvelles machines que l'artillerie désirait posséder, et pour lesquelles tout ce qui existait dans les usines anciennes ne pouvait servir, ni même donner des idées susceptibles d'être utilisées avec succès. Il fallait, en effet, remplir cette condition essentielle de rendre les machines *automotrices*, c'est-à-dire agissant par elles-mêmes, sans le secours de l'ouvrier, dès que la pièce à travailler est montée entre leurs pointes ou leurs supports.

De concert avec plusieurs officiers supérieurs, M. Pihet fit successivement divers projets qu'il soumit au comité d'artillerie ; puis, après différentes modifications ou améliorations plus ou moins importantes, il exécuta des dessins définitifs qui furent acceptés.

Ces études comprennent :

1° Une machine destinée à faire les trous de centrage qui se font actuellement à bras d'homme, puis aussi à faciliter et rendre plus rapide la manœuvre des fortes pièces pendant le traçage des centres ;

2° Une machine à couper les masselottes, qui dans la fonte des canons de bronze ont habituellement la même longueur que la pièce elle-même. Comme ces masselottes doivent être refondues, il est utile de les séparer en plusieurs parties pour les rejeter dans le four de fusion ;

3° Un tour à chariot servant, d'une part, au forage des pièces, et de l'autre, au tournage des surfaces extérieures ;

4° Une machine spéciale à tourner les tourillons ;

5° Une machine à dresser ou raboter l'intervalle de ces derniers et des anses ou poignées par lesquelles on peut suspendre la pièce pour la mettre en place, partie inaccessible au tournage ;

6° Une machine à percer l'emplacement des grains des lumières.

Nous ne tarderons pas à publier en détails cette série de machines, pour lesquelles M. Pihet a eu l'obligeance de mettre tous ses dessins à notre disposition. Nous sommes persuadé qu'elles intéresseront un grand nombre de nos lecteurs par leur belle exécution et par les particularités qu'elles renferment.

La première machine, qui est évidemment la plus simple, n'est autre qu'un banc de tour muni d'une poupée à chaque extrémité, avec mandrins et outil à percer; deux chariots porte-lunettes montés sur galets peuvent rouler sur des rails disposés le long du banc, et se fixer à une place quelconque afin de supporter le canon. Un système de coulisseaux manœuvrés par des vis donne la faculté de régler très-exactement la place du canon, et, par suite, permet son centrage.

La seconde machine se distingue surtout des tours ordinaires que l'on employait jusqu'ici pour détacher la masselotte, en ce que la pièce, comme celle-ci, reste soutenue, après le tranҫonnage, sans que l'ouvrier ait aucun soin à prendre, et sans qu'il soit susceptible de se blesser. Il en est de même lorsqu'on coupe la masselotte en plusieurs rondelles.

Le tour parallèle, qui sert à la fois à percer, à aléser et à tourner, est non-seulement remarquable par ses grandes proportions qui permettent de l'appliquer aux pièces du plus fort calibre, comme à celles de petites et de moyennes dimensions, mais encore par la facilité qu'il présente pour effectuer mécaniquement les trois opérations essentielles, savoir : un premier percement dans le sens de la longueur de la pièce, de la gueule à la culasse, percement que l'on est obligé de faire avec une mèche ou forêt, puisque le canon est fondu plein ; ensuite des alésages successifs pour agrandir et finir le trou au diamètre voulu ; et, en dernier lieu, le tournage des surfaces extérieures qui comprennent des parties cylindriques et coniques, puis des gorges et des moulures.

Pour les canons rayés, l'artillerie emploie un outil spécial qui sert à trancher les cannelures héliçoïdales, à l'intérieur, après l'alésage. M. Pihet n'a pas eu à l'ajouter à sa machine.

Le tour spécial qui est destiné à cylindrer les tourillons comme la machine à raboter la surface comprise entre ceux-ci et les anses du canon, sont aussi des machines très-importantes, qui méritent d'être connue par les dispositions ingénieuses qui les constituent, et qu'il fallait rendre applicables, comme dans les machines précédentes, à toutes les pièces, quelles que soient leurs dimensions.

On comprend, sans doute, que dans l'opération du tournage des tourillons, il n'était pas rationnel de faire tourner le canon même, comme on le fait généralement pour tout autre genre de pièce ; il était préférable de le rendre fixe, et de mobiliser au contraire l'outil autour des tourillons. Dans ce cas, il faut alors disposer cet outil d'une façon particulière qui détermine la surface cylindrique. On verra, par le dessin que nous en donnerons, que M. Pihet a résolu le problème de la manière la plus complète et la plus heureuse.

Il en est de même de la machine spéciale destinée à raboter la partie longitudinale existante entre les tourillons et qui est cylindrique ou légèrement conique, et, dans tous les cas, la plus grosse de la pièce.

Quant à la machine à percer les lumières, elle est remarquable surtout par la disposition du support qui permet d'incliner la pièce suivant l'angle voulu, tandis que le foret, appliqué au bras mobile d'une radiale, descend verticalement.

Cette machine est aussi construite dans des conditions telles qu'elle peut servir à tous les calibres et à tous les genres de pièces.

Les documents qui accompagneront les gravures de ces différentes machines seront assez complets, comme on le verra, pour faire bien comprendre toutes les opérations qu'elles effectuent, et donner sur le travail même des renseignements très-précis.

MACHINES-OUTILS

POUR LE TRAVAIL DES BOIS

MACHINE A MORTAISER LES MOYEUX DES ROUES

ET

PETITE MORTAISEUSE AVEC ÉQUARRISSOIR

Par M. PERIN, constructeur-mécanicien à Paris.

(PLANCHE 40.)

Parmi les machines maintenant en usage pour façonner le bois, et dont nous avons donné dans ce Recueil de nombreux spécimens, celles qui exécutent les tenons et les mortaises sont sans contredit les plus répandues. Les dernières, dont nous allons tout spécialement nous occuper, se construisent suivant deux systèmes; dans l'un, le mouvement de l'outil est rectiligne alternatif; ce sont les machines dites *piocheuses;* nous en avons publié deux excellents types dans le XIe volume, construits à l'usine de Graffenstaden, sous la direction de M. Messmer (1); dans le second système, l'outil est animé d'un mouvement de rotation comme la mèche d'une machine à percer.

Ce dernier système offre sur le premier des avantages très-appréciables dans un assez grand nombre de cas; les dispositions de machine peuvent être plus simples, les copeaux se dégagent mieux de l'entaille et l'outil peut pénétrer plus aisément dans les bois durs, dans tous les sens et même en bout; mais les mortaises exécutées par l'*outil rotatif* (2) se

(1) M. Perin construit aussi des machines semblables au type vertical (celui qui est représenté pl. 39 dudit vol. XI), mais à cette mortaiseuse il ajoute une perceuse montée sur le même bâti, de façon à percer d'abord les deux trous extrêmes que le bédane réunit ensuite pour achever la mortaise.

(2) La première application de l'outil à *action rotative* appartient à M. E. Grimpé, qui montra, dans une série de machines à façonner les bois (Brevet du 31 juillet 1838), tout le parti qu'on pouvait en tirer. Plus spécialement pour le mortaisage des bois, M. Damon prit un brevet le 3 décembre 1852; vers cette époque, il en rendit M. Bernier aîné cessionnaire.

Ce même principe d'outil rotatif a été appliqué aux machines à mortaiser et rainer

trouvent, par cela même, arrondies à leurs deux extrémités. Bien que l'assemblage du tenon, en donnant à celui-ci une forme correspondante, puisse se faire de même, cela peut présenter, dans certains cas, quelques difficultés, et aussi, peut-être, offrir moins de solidité.

On était donc obligé de placer la pièce de bois sur le tablier d'une petite machine spéciale, dite *à équarrir,* qui, munie d'un bédane manœuvré par un levier à main, permettait de défoncer rapidement les extrémités arrondies.

Le transport des bois d'une machine sur une autre était un inconvénient; on l'a fait disparaître en adaptant à la mortaiseuse l'outil à équarrir (1), de sorte que maintenant ce système est très-répandu par cela même que le service en est facile et que le travail produit satisfait à toutes les exigences.

Nous décrirons plus loin une petite mortaiseuse de ce genre, qui est représentée par les fig. 9 et 10 de la pl. 40, mais avant nous allons faire connaître, dans tous ses détails, une machine à mortaiser, également à outil rotatif avec équarrissoir, qui présente un intérêt tout particulier par le travail spécial qu'elle exécute, celui de pratiquer les mortaises dans les moyeux des roues.

Cette machine a été étudiée et construite par M. Perin, pour MM. Dupuis et Dauvilliers, habiles charrons dont nous avons fait connaître l'important établissement dans le numéro de septembre 1865 du *Génie industriel;* elle se distingue par les conditions diverses qu'elle remplit, celles d'agir dans de larges limites, sur les plus forts comme sur les plus petits moyeux, tout en pratiquant les mortaises nécessaires suivant la direction rigoureuse voulue.

On sait, en effet, comme nous l'avons déjà fait remarquer, que les mortaises des moyeux de roues, de forme rectangulaire, ne sont pas, quoique dirigées vers le centre commun, à une égale distance l'une de l'autre, exactement perpendiculaires à l'axe du moyeu; les grands côtés du prisme rectangulaire sont bien parallèles entre eux et parallèles à l'axe, mais les deux côtés opposés doivent toujours faire un certain angle avec cet axe, afin que les rais que l'on y ajuste, forcés de suivre cette direction, fassent eux-mêmes, quand ils sont montés, un angle déterminé avec le plan de la roue.

les métaux. Dans le vol. XV, nous avons donné le dessin d'une machine de ce genre qui, construite par MM. Sharp, Stewart et Ce, figurait à l'Exposition universelle de Londres, en 1862.

(1) MM. Colas et Pillichodi paraissent être les premiers qui disposèrent sur la même machine l'outil mortaiseur et l'équarrissoir; le brevet de M. Colas est du 7 avril 1858. M. Perin, le 1er mai 1861, a pris également un brevet pour des dispositions analogues; enfin MM. Bernier aîné et F. Arbey, à la date du 10 juillet 1861, ont pris un brevet pour une disposition qui permet d'effectuer sur la machine à mortaiser à outil tournant, et sans transport du bois, l'équarrissage des deux extrémités de la mortaise.

On comprend aisément la nécessité de cette disposition en remarquant que les roues des véhicules, qui doivent rouler sur les routes ordinaires, auxquelles on donne une forme convexe, sont montées par paires sur leurs essieux, de façon à former entre elles un angle ouvert, comme deux rayons concourant à un centre commun ; puis, on a le soin d'incliner légèrement, par rapport à l'axe horizontal de l'essieu, les fusées qui reçoivent les boîtes des roues (ce qui s'appelle carrosser l'essieu), de telle sorte que le plan de chaque roue paraît se déverser en dehors de la voie ; mais comme il est nécessaire, pour présenter toute la solidité désirable, que les rais qui, en définitive, supportent toute la charge, se trouvent dans un plan à peu près perpendiculaire à la voie, on doit évidemment les ajuster d'avance sur leurs moyeux suivant la direction convenable.

Une machine à mortaiser les moyeux doit donc satisfaire à cette condition essentielle, en même temps qu'elle doit pouvoir travailler des pièces de dimensions très-variables. C'est ce problème que M. Perin a su résoudre de la façon la plus satisfaisante, ainsi que nous avons pu nous en convaincre en voyant fonctionner la machine chez M. Dupuis (1).

DESCRIPTION DE LA MACHINE A MORTAISER LES MOYEUX DE ROUES

REPRÉSENTÉE PAR LES FIG. 1 A 8 DE LA PL. 40.

La fig. 1re est un plan général de cette machine ;

La fig. 2 en est une section verticale faite suivant la ligne 1-2 ;

La fig. 3 une section perpendiculaire à la précédente, passant par la ligne 3-4 ;

(1) Nous rappelons ici que M. E. Philippe a monté, vers 1828, pour la Compagnie des omnibus, puis pour les messageries générales, et, plus tard, pour l'arsenal de Vienne, en Autriche, une série de machines-outils au moyen desquelles presque toutes les opérations qu'exige la fabrication complète d'une roue étaient obtenues mécaniquement. Ces machines sont publiées dans le Bulletin de 1833 de la Société d'encouragement, et de fort beaux petits modèles, exécutés par M. Philippe même, sont exposés dans les galeries du Conservatoire impérial des arts et métiers.

L'opération du mortaisage des moyeux était effectuée par les procédés de M. E. Philippe, partie mécaniquement et partie à la main ; la machine divisait le moyeu et perçait trois rangées de trous au-dessus l'un de l'autre, lesquels étaient destinés à préparer les mortaises que l'on achevait ensuite au moyen d'un équarrissoir manœuvré à la main. La partie délicate de la main-d'œuvre était alors assurée, c'est-à-dire celle de la répartition des mortaises sur la circonférence du moyeu, leur direction vers le centre et dans le même plan conique. Ce résultat était obtenu en montant le moyeu sur un arbre vertical portant une plate-forme divisée en autant de parties qu'il devait y avoir de mortaises ; l'axe de la mèche perceuse était disposé dans le prolongement d'un rayon de cet arbre, sur une poupée dont l'inclinaison se réglait à l'aide d'une manivelle permettant d'obliquer le plateau sur lequel on faisait glisser la poupée pour faire pénétrer la mèche dans le moyeu ; un quart de cercle divisé en degrés permettait de régler la position avec la plus grande exactitude.

La fig. 4 montre en section partielle, suivant 5-6, le banc et la poupée de l'outil rotatif pratiquant la mortaise ;

La fig. 5 est une section longitudinale faite par la ligne 7-8 du plateau mobile sur lequel se fixent les poupées qui reçoivent les moyeux des roues.

Ces figures sont dessinées au 1/15 de l'exécution.

Les fig. 6 et 7 donnent, à une plus grande échelle, en élévation et en plan, les détails des outils, la mèche mortaiseuse et le bédane équarrisseur.

Dispositions générales. — Tous les organes dont cette machine est composée sont montés sur un socle creux en fonte en deux pièces A et A', réunies par des boulons *a* (fig. 1) et fixées au sol de l'atelier sur lequel elles reposent. La table que présente le devant de ce socle est fondue avec deux saillies longitudinales *a'*, bien dressées en dessus et, par côté, taillées à queue d'hironde, de façon à recevoir le chariot B qui peut ainsi y glisser sur toute la longueur. Sur ce chariot est montée la tablette B' sur laquelle se fixent les deux poupées C et C' destinées à supporter le moyeu à mortaiser.

Sur la pièce arrière A' de ce socle sont fixés les deux coffres en fonte D et D'. Le premier, qui sert de glissière au petit chariot porte-équarrissoir E, est fondu avec deux paliers *d* dans lequel tourne l'arbre F, muni de l'excentrique F' qui donne le mouvement de va-et-vient au chariot. A cet effet, cet arbre, prolongé d'un côté en dehors des paliers *d* et soutenu par le support indépendant G, est muni d'une poulie fixe P actionnée par le moteur de l'usine ; une poulie folle P', montée à côté de la première, reçoit la courroie lorsqu'on veut arrêter le mouvement, et un volant V, également monté sur cet arbre, assure la régularité du fonctionnement de l'excentrique, et par suite celui de l'équarrissoir.

Le second coffre D' sert de support au chariot G' et à la poupée mobile G^2, dans les bras de laquelle tourne l'arbre porte-gouge H qui perce les mortaises; cet arbre reçoit le mouvement de la poulie *p* actionnée par une courroie spéciale partant de l'arbre de couche de l'usine.

On voit déjà, par cette description sommaire des dispositions générales de la machine, qu'elle est composée de trois éléments qui, quoique liés indispensablement pour concourir au résultat final, sont distincts en ce qu'ils peuvent se déplacer, se mouvoir, en un mot fonctionner indépendamment les uns des autres. Ce sont :

Le chariot et les poupées portant les moyeux et les présentant dans la position convenable à l'action des outils ;

L'outil à gouge, pratiquant les mortaises et ses mouvements ;

L'outil à bédane, chargé d'équarrir lesdites mortaises.

Nous allons décrire en détail chacun de ces éléments.

Du chariot et des poupées porte-moyeux. — On a vu que le chariot B était ajusté à queue sur le socle A, de façon à pouvoir y glisser dans le

sens de sa longueur, mouvement qui est obtenu par l'intermédiaire de la vis I, à trois filets carrés (fig. 2 et 5), logée à l'intérieur du socle et traversant un écrou i attaché audit chariot. Cette vis se manœuvre, soit par le volant à manette V', claveté à l'une de ses extrémités, soit par un second volant V^2, disposé, pour la commodité du service, près des outils. Comme ce volant doit alors se trouver sur un arbre perpendiculaire à la vis, cet arbre I' est muni d'un pignon d'angle i' qui engrène avec un pignon semblable calé sur celle-ci.

Si les mortaises devaient être pratiquées bien perpendiculairement à l'axe du moyeu, il suffirait de monter les poupées C et C' directement sur ce chariot, sa faculté de se déplacer suivant une ligne rigoureusement droite permettant de bien présenter le moyeu à l'action des outils; mais comme elles doivent, au contraire, former latéralement un certain angle, le constructeur a ajouté sur le dessus bien dressé de ce chariot la tablette en fonte B' montée sur un pivot p' (fig. 2 et 5), et présentant un bossage circulaire auquel est fixé le secteur denté b; celui-ci engrène avec une vis sans fin j, clavetée sur l'arbre horizontal J que l'on fait tourner à l'aide du volant à manette v fixée à son extrémité.

Pour que l'ouvrier puisse régler promptement et sans tâtonnement la position exacte que doit occuper la tablette sur le chariot, d'après l'angle déterminé, un petit doigt en métal j' se fixe à l'avance sur le bord arrondi de ladite tablette (voyez fig. 1 et 5). En faisant tourner celle-ci, ce doigt vient rencontrer alternativement deux tocs k et k' qui forment arrêt, et préviennent ainsi que l'on est arrivé à la position voulue. Il suffit pour cela de placer ces tocs aux places convenables dans une coulisse pratiquée à cet effet dans l'étrier J', qui est fixé par ses extrémités recourbées sur le bord du chariot.

Si l'on avait besoin, pour un travail spécial, d'arrêter la tablette suivant un angle déterminé, on la rendrait solidaire avec le chariot en serrant les vis b' engagées dans des coulisses, qui sont de formes circulaires pour permettre les mouvements angulaires dont il vient d'être question.

Le moyeu M, dans lequel il s'agit de percer les mortaises destinées à recevoir les tenons des rais, se place entre les deux disques c et c', qui sont munis de pointes saillantes destinées à pénétrer dans le bois, et fondus avec des douilles engagées dans les poupées C et C'.

Ces poupées peuvent être rapprochées ou éloignées l'une de l'autre, suivant la longueur du moyeu qu'elles ont à soutenir, en les faisant glisser sur la tablette B', munie à cet effet de deux rainures parallèles longitudinales dans lesquelles pénètrent les boulons d'attache. Le disque c' de la poupée C' est solidaire avec elle au moyen de sa douille et d'une rondelle r (fig. 1 et 5), formant de l'autre côté rebord saillant de façon à éviter son déplacement suivant son axe sans cependant l'empêcher de tourner.

Quant au disque c, il peut, à la fois, se déplacer horizontalement à

l'intérieur de sa poupée C pour produire le serrage du moyeu, au moyen d'une vis centrale que l'on manœuvre à l'aide du volant v' (fig. 5), et tourner avec le manchon creux K.

Ce manchon, ajusté à l'intérieur de la poupée, saillit à l'extérieur pour recevoir le plateau K', muni à sa circonférence d'échancrures également distantes destinées à produire la division des mortaises autour du moyeu. Il suffit pour cela, chaque fois qu'une mortaise est percée, de faire tourner le plateau K' en dégageant, par le soulèvement du contre-poids p', le crochet d'arrêt l (vu en ponctué, fig. 2) de l'une des échancrures pour l'engager dans l'échancrure suivante.

Il faut donc, pour obtenir ce résultat, faire tourner le plateau K' d'une quantité égale à une division ; manœuvre obtenue très-aisément à l'aide du levier à déclic L, dont le collier est monté à frottement sur le bord tourné de la poupée.

De l'outil pratiquant les mortaises. — L'outil rotatif formant la mortaise est, ou une simple gouge demi-circulaire évidée et s'assemblant au moyen d'un carré avec le porte-outil comme celle représentée fig. 8, ou, ce qui est préférable pour les grandes dimensions, une sorte de double gouge H' (fig. 6) à bords arrondis, et légèrement évidée au milieu, en x, pour former couteau et faciliter l'entrée dans le bois et en même temps le dégagement des copeaux.

Cet outil est terminé, non par un carré, mais par une partie conique engagée dans le renflement de l'arbre H, ce qui est bien plus facile pour l'exécution, en même temps que le centrage de l'outil est plus assuré. L'arbre H est monté dans les paliers de la poupée G', ajustée à queue d'hironde sur le petit chariot afin que l'ouvrier puisse la faire avancer et, par suite, faire pénétrer l'outil progressivement dans le bois. A cet effet, sous la poupée, est fixé un écrou traversé par la vis à quatre filets l' que l'on fait tourner à l'aide du volant à manette v^2.

Le mouvement du chariot G, qui doit s'effectuer perpendiculairement à la poupée, afin de déplacer rapidement la mèche d'un bout à l'autre de la mortaise, est obtenu en agissant sur la manette du levier L', lequel est relié au chariot par les deux petites bielles articulées M', comme on le voit sur la section fig. 3.

Pour limiter la course dans les positions extrêmes correspondant à la longueur exacte de la mortaise, deux vis de butée m et m', dont on règle l'écartement à volonté, sont disposées de chaque côté du chariot, l'une sur une règle verticale boulonnée au coffre D', l'autre sur le coffre même D.

De l'outil a équarrir. — Cet outil, qui n'a d'autre mission, comme nous l'avons dit, que celle de défoncer les deux angles que laisse la gouge ronde aux extrémités de chaque mortaise, n'est doué que d'un mouvement rectiligne alternatif, qui lui est communiqué par l'excentrique F' agissant entre les deux branches verticales e du cadre en fonte E,

lequel peut glisser dans la coulisse à queue ménagée sur le coffre D. Les deux faces internes des branches *e* sont garnies de plaques en acier pour résister au frottement de l'excentrique.

L'outil E', qui a la forme d'un bédane, pouvant couper des deux côtés, comme l'indique bien la fig. 7, est maintenu sur la glissière formant le porte-outil par les deux étriers en fer *e'* engagés dans des rainures latérales pratiquées à cet effet dans l'épaisseur de cette pièce.

Maintenant que nous avons décrit les dispositions spéciales de chacune des pièces principales formant l'ensemble de cette machine, il ne nous reste plus qu'à dire un mot sur la manière dont on fait le service.

CONDUITE ET FONCTIONNEMENT DE LA MACHINE.

Le moyeu, tourné suivant la forme voulue, est placé entre les deux disques *c* et *c'* des poupées C et C', puis serré convenablement en tournant le volant *v'*; les tocs *k* et *k'* sont arrêtés dans la coulisse de l'étrier J' à une distance déterminée pour correspondre, l'un à l'angle que l'on veut donner à l'un des côtés de la mortaise, et l'autre au côté opposé. Ceci fait, soit en agissant sur le volant V', soit sur celui V^2, on fait avancer le chariot B jusqu'à ce que le moyeu se trouve vis-à-vis de la gouge mortaiseuse H', en un point qui devra correspondre à l'une des extrémités de la mortaise.

Après avoir eu le soin, en faisant tourner le volant à main *v*, de placer la tablette B' qui porte les poupées suivant l'inclinaison que doit avoir cette extrémité, on perce un premier trou *t* (fig. 6) traversant le moyeu jusqu'à son ouverture centrale, ce qui est obtenu en quelques secondes en faisant avancer rapidement la mèche au moyen du volant v^2 monté à l'extrémité de la vis à quatre filets *l'*.

Ce premier trou percé, on change l'inclinaison de la tablette B' en tournant le volant *v* jusqu'à ce que le doigt j' rencontre le second toc *k'* placé du côté opposé, puis, appuyant sur le levier L', on déplace le chariot G' d'une quantité égale à celle que doit avoir la mortaise, et qui est limitée par la rencontre de la vis de butée *m'*; on fait alors pénétrer à nouveau la mèche dans le moyeu, et le second trou *t'* (fig. 6) est percé à fond comme le premier,

Les deux trous formant les extrémités une fois percés, il faut enlever le petit bloc de bois T qui existe entre eux; c'est en faisant aller et venir rapidement la gouge sur ce bloc par le soulèvement et l'abaissement alternatif du levier L' que l'ouvrier tient de la main droite, tandis que de la gauche il tourne le volant v^2 pour faire avancer la mèche, que ce bloc, réduit en copeaux très-minces, disparaît.

Il ne reste plus, pour achever la mortaise, que d'en équarrir les deux extrémités. La première manœuvre, pour atteindre ce but, est, en tour-

nant le volant V^2, de ramener le chariot B de façon à ce que le moyeu vienne présenter l'une des extrémités de sa mortaise en face du bédane E', et celui-ci, que l'on met en mouvement en faisant passer la courroie de la poulie folle P' sur celle fixe P, a bientôt, en quelques coups, équarri le côté qui lui est présenté (voyez le détail fig. 7). Dès que ce côté est achevé on passe à l'autre, en faisant d'abord avancer le chariot jusqu'à ce qu'il vienne buter contre la vis de réglage *s*, engagée dans une équerre en fer *s'* fixée contre le socle (fig. 1 et 5); puis, on change l'angle des poupées à l'aide du volant *v*, de la vis sans fin *j* et du secteur *b*, c'est-à-dire que l'on procède comme on l'avait fait précédemment pour le perçage des trous.

La mortaise achevée, on fait tourner le plateau K' d'une division au moyen du levier à déclic L; puis, sans interruption, on renouvelle la série des opérations que nous venons de décrire.

La vitesse de rotation de la gouge est de 1,500 à 2,000 tours par minute, tandis que le bédane ne frappe que 100 à 120 coups dans le même temps.

Comme le nombre des manœuvres est relativement assez grand, on peut penser que le mortaisage d'un moyeu demande un temps assez long. Il n'en est rien pourtant : il suffit que l'ouvrier connaisse bien sa machine. Pour en donner une idée, nous devons dire que nous avons vu dans l'établissement même de MM. Dupuis et Dauvillers un fort moyeu de charrette de 28 à 30 centimètres de diamètre, avoir ses dix mortaises complétement achevées en moins de 15 minutes.

On doit reconnaître par cela même quelle économie de main-d'œuvre et de temps et par suite quelle économie d'argent une telle machine peut donner; de plus, le résultat obtenu est sensiblement plus parfait que celui du travail manuel; les mortaises sont bien plus régulières et, les divisions étant aussi plus exactes, le montage des rais peut se faire plus rapidement et dans des conditions bien meilleures que lorsque le travail est effectué à la main.

DESCRIPTION DE LA PETITE MACHINE A MORTAISER

REPRÉSENTÉE FIG. 9 ET 10.

La petite machine qui est représentée en élévation latérale et en plan, vue en dessus par les fig. 9 et 10, est destinée au mortaisage des bois de petites dimensions employés dans la menuiserie et l'ébénisterie; son volume est peu considérable et son service facile. Elle est composée d'un bâti vertical A fondu avec un patin qui se fixe directement sur le sol au moyen des quatre boulons *a*.

Un tablier B est ajusté dans des coulisses verticales pratiquées devant ce bâti, pour supporter la petite tablette à chariot B', sur laquelle se

place la pièce de bois à mortaiser ; celle-ci y est maintenue solidement, et par le serrage de la vis *v*, qui l'appuie contre les appendices verticaux *b* ménagés de fonte avec la tablette, et par la vis *v'* qui la retient sur la face horizontale dressée de ladite tablette.

Le support coudé en équerre *b'*, dont la tête filetée forme écrou à la vis *v'*, peut être élevé ou abaissé dans sa douille et y être arrêté à la hauteur convenable, suivant celle de la pièce de bois, au moyen d'une vis de serrage.

La hauteur du tablier se règle à volonté, afin de pouvoir présenter le bois à la place exacte en face des outils, au moyen de la vis V que l'on fait tourner à l'aide du volant V'. Cette vis a son écrou en bronze monté dans la tête de la petite colonne C boulonnée à sa base sur le patin du bâti.

La pièce de bois ainsi amenée à la hauteur qu'elle doit occuper vis-à-vis des outils, on arrête le tablier dans cette position, par son serrage sur le bâti, en appuyant sur le levier L.

Comme dans la machine précédemment décrite, il y a deux outils, la gouge *h* qui pratique la mortaise, et l'équarrissoir *e* qui termine ses deux extrémités. Le porte-outil de la gouge, c'est l'arbre H monté dans les paliers du chariot G, lequel peut glisser à frottement doux dans les coulisses à queue d'hironde de la table en fonte A' boulonnée sur le bâti. Une vis de butée *g* maintient le recul de l'outil sous la pression exercée à l'aide du levier à manette *l* pour le faire pénétrer dans le bois.

Pour limiter la course de ce levier à la profondeur que doit avoir la mortaise, le constructeur a eu le soin de disposer une tige d'arrêt *t*, que l'on peut placer à une distance plus ou moins éloignée, en la faisant glisser dans une rainure ménagée à cet effet sur le bâti, et que l'on fixe en serrant la poignée *t'*.

Le mouvement rapide de rotation, nécessaire à la gouge pour pénétrer dans le bois, lui est communiqué par la petite poulie *p*, fixée sur l'arbre porte-outil ; à côté de celle-ci, sur un manchon ne touchant pas l'arbre et qui est supporté par un petit palier, se trouve la poulie folle *p'*, destinée à recevoir la courroie lorsqu'on veut interrompre le mouvement. C'est par le godet du palier et un canal bifurqué que le graissage du manchon est effectué.

Pour pratiquer la mortaise dans la pièce de bois P, une fois qu'elle a été convenablement placée et fixée, comme il a été dit, sur la tablette B' du tablier B, on perce les deux trous extrêmes, puis de la main gauche, en poussant et en tirant alternativement cette tablette, qui glisse dans ses coulisses avec une extrême facilité, on enlève le bloc de bois laissé entre les deux trous, et cela naturellement en faisant pénétrer la gouge à l'aide du levier *l* que l'on tire à soi, en même temps que l'on déplace le bois.

Cette opération terminée, il ne reste plus qu'à équarrir les extrémités

au moyen du bédane *e*, retenu par une vis de pression dans son porte-outil E, lequel, ajusté dans une rainure pratiquée sur le côté de la table A', peut y glisser horizontalement. Il est relié à cet effet par la bielle méplate *m* au levier L', que l'ouvrier peut actionner aisément de la main droite en tirant à lui la poignée *l'*. Quelques coups suffisent pour défoncer les angles de façon à équarrir les extrémités laissées rondes par l'outil rotatif.

La force motrice nécessaire au fonctionnement d'une telle machine est peu considérable et le travail qu'elle peut produire avec un seul homme peut être égal à celui que huit ou dix ouvriers habiles effectueraient dans le même temps, et, de plus, dans des conditions de perfection notablement supérieure, comme précision, netteté des côtés et dressage parfait du fond.

Disons, en terminant, que M. Perin, après avoir commencé à exécuter spécialement des scies à lame sans fin, qu'il a, comme on sait, industrialisées par suite de perfectionnements notables qu'il y a apportés, s'est adonné, d'une manière toute particulière, à la construction des scieries de toute espèce et des machines à travailler le bois, pour lesquelles il s'est acquis depuis plusieurs années une réputation justement méritée. Nous aurons à faire connaître, dans notre prochain volume, plusieurs de ces machines dont il a bien voulu, avec une obligeance parfaite, nous communiquer les dessins et les documents pratiques.

ERRATA.

Page 4, ligne 7 du sous-titre, *au lieu de :* DESCRIPTION DE POMPE, *lisez :* DESCRIPTION DE LA POMPE.

Page 7, ligne 18, *au lieu de :* $0^{m}200$, *lisez :* $0^{m}220$.

Page 270, ligne 1, *au lieu de :* M. W. de Muir, Manchester, *lisez :* M. W. Muir, de Manchester.

Page 317, ligne 21, *au lieu de :* M. Bonacier fils, *lisez :* M. Bonnassiés fils.

TABLE RAISONNÉE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME SEIZIÈME

DE LA PUBLICATION INDUSTRIELLE

I

II

III

IV

V

VI

VII

VIII

IX

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

AUTEURS, MÉCANICIENS, INGÉNIEURS ET MANUFACTURIERS

QUI ONT ÉTÉ CITÉS DANS CE VOLUME

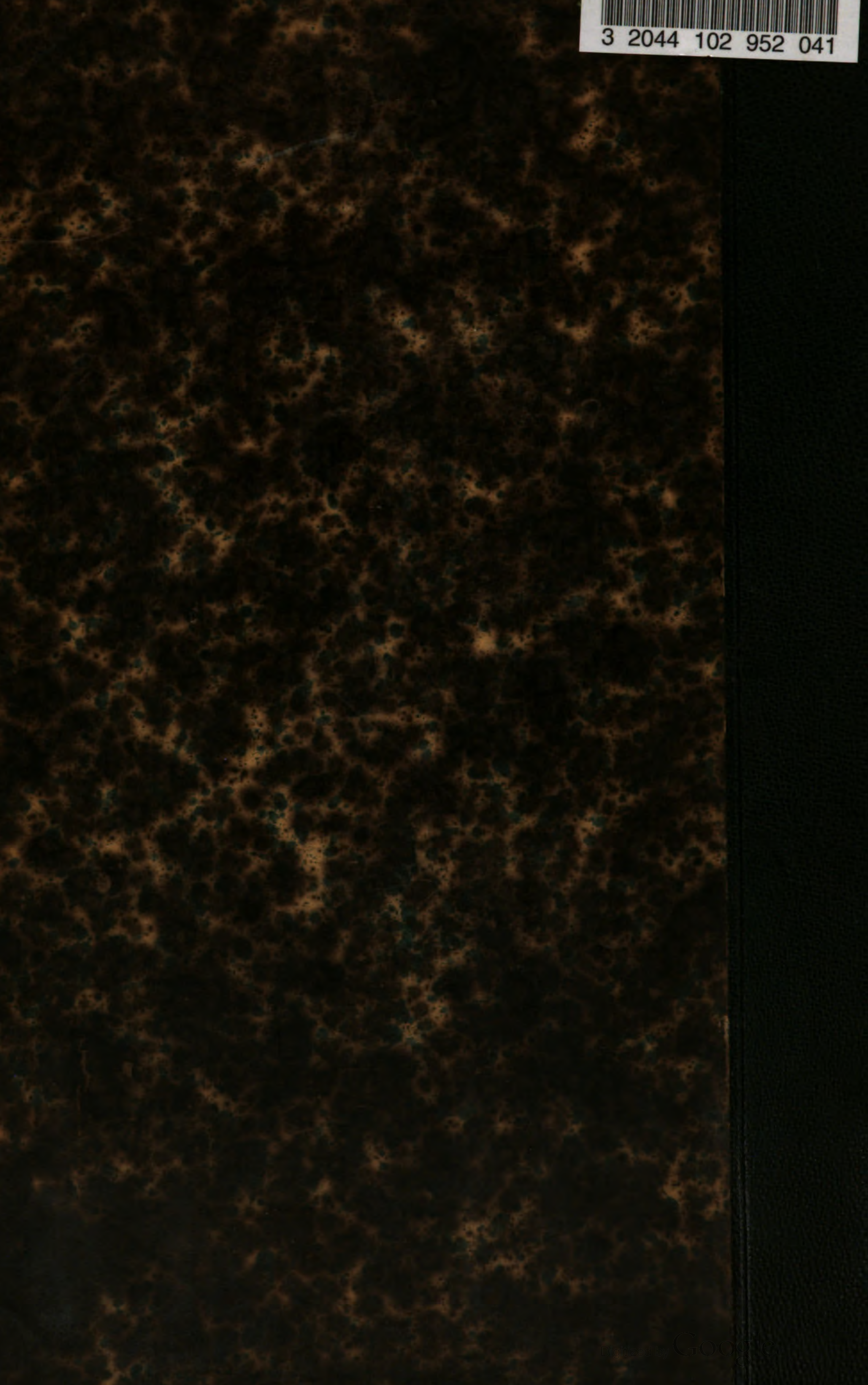
Pour leurs Ouvrages, pour leurs Inventions, ou pour leurs Travaux

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

PARIS. — J. CLAYE, IMPRIMEUR, RUE SAINT-BENOIT, 7.






3 2044 102 952 041